ȘTIINȚA CONTEMPORANĂ

*

AU COLABORAT LA ACEASTĂ LUCRARE:

FLORIN ABELÈS, conferenţiar la Facultatea de ştiinţe din Paris (Progresele opticii instrumentale).
GEORGES ALLARD, profesor la Facultatea de ştiinţe din Paris (Naşterea şi dezvoltarea termodinamicii).
DR. PIERRE ASTRUC, laureat al Academiei de medicină (Medicina).
LEON AUGER, doctor în litere (Acustica [în colaborare cu P. COSTABEL]; Studiul experimental al fenomenelor termice).
EDMOND BAUER, profesor onorific la Facultatea de ştiinţe din Paris (Electricitatea şi magnetismul: 1790—1895).
BUBAKER BEN YAHIA, director ştiinţific la Universitatea din Tunis (Ştiinţa în ţările musulmane începînd din 1450).
GEORGES CANGUILHEM, profesor la Facultatea de litere din Paris (Fiziologia animală [în colaborare cu M. CAULLERY]).
†MAURICE CAULLERY, membru al Institutului Franţei (Teoria celulară, Genetica [în colaborare cu J.-F. LEROY]; Fiziologia animală [în colaborare cu G. CANGUILHEM]; Problemele reproducerii animalelor, Teoriile explicative ale evoluţiei, Zoologia [în colaborare cu A. TÉTRY]; Pasteur şi microbiologia).
JEAN CHESNEAUX, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Progresul ştiinţei moderne în Extremul Orient în secolul al XIX-lea).
I. BERNARD COHEN, profesor la Universitatea Harvard (Cambridge, S.U.A.), (Viaţa ştiinţifică în Statele Unite în secolul al XIX-lea).
PIERRE COSTABEL, şef de lucrări la Şcoala de Înalte Studii (Apogeul şi incertitudinile mecanicii clasice; Acustica [în colaborare cu L. AUGER]).
†GEORGES DARMOIS, membru al Institutului Franţei (Probabilităţi şi statistică).
MAURICE DAUMAS, conservator la Muzeul Conservatorului naţional de arte şi meserii (Apariţia teoriei atomice moderne).
MAURICE DURAND, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Începuturile ştiinţei în Vietnam [în colaborare cu P. HUARD]).
RAYMOND FURON, subdirector la Muzeul naţional de istorie naturală (Geologia; Preistoria).
PIERRE HUARD, profesor la Facultatea de medicină din Rennes (Începuturile ştiinţei în Vietnam [în colaborare cu M. DURAND]).
JEAN ITARD, profesor de matematică superioară la Liceul Henri al IV-lea (Analiza matematică şi teoria numerelor).
JEAN JACQUES, subdirector de laborator la Collège de France (Progresul chimiei [în colaborare cu M. DUMAS]).
JEAN-F. LEROY, subdirector la Muzeul naţional de istorie naturală. (Teoria celulară, Genetica [în colaborare cu M. CAULLERY]; Botanica; Fiziologia vegetală; Sexualitatea şi reproducerea la vegetale).
JACQUES LÉVY, astronom la Observatorul din Paris (Explorarea universului stelar).
CHARLES MORAZÉ, director de studii la Şcoala de Înalte Studii (Geniul secolului al XIX-lea).
JEAN ORCEL, profesor la Muzeul naţional de istorie naturală (Ştiinţele mineralogice).
JEAN PIVETEAU, membru al Institutului Franţei (Anatomia comparată a vertebratelor; Paleontologia vertebratelor).
RENÉ TATON, director ştiinţific la Centrul naţional de cercetări ştiinţifice (Organizarea şi conducerea întregii lucrări, ilustraţii, tabele; Geometria şi Algebra; Condiţiile progresului ştiinţific în Europa occidentală).
ANDRÉE TÉTRY, director adjunct la Şcoala de Înalte Studii (Problemele reproducerii animalelor, Teoriile explicative ale evoluţiei, Zoologia [în colaborare cu M. CAULLERY]).
M. A.-TONNELAT, profesor la Facultatea de ştiinţe din Paris (Evoluţia teoriilor despre lumină).
ADOLF P. YUŞKEVICI, de la Institutul de istoria ştiinţelor şi tehnicii din Moscova (Ştiinţa şi viaţa în Rusia secolelor al XVIII-lea şi al XIX-lea [în colaborare cu V. P. ZUBOV]).
VASILI P. ZUBOV, de la Institutul de istoria ştiinţelor şi tehnicii din Moscova (Ştiinţa şi viaţa în Rusia secolelor al XVIII-lea şi al XIX-lea [în colaborare cu A. P. YUŞKEVICI]).

ISTORIA GENERALĂ A ŞTIINŢEI

PUBLICATĂ SUB CONDUCEREA LUI

RENÉ TATON

DIRECTOR ŞTIINŢIFIC LA CENTRUL NAŢIONAL DE CERCETĂRI ŞTIINŢIFICE

VOLUMUL III

ŞTIINŢA CONTEMPORANĂ

*

Secolul al XIX-lea

F. ABELÈS, G. ALLARD, P. ASTRUC, L. AUGER,
E. BAUER, B. BEN YAHIA, G. CANGUILHEM, M. CAULLERY,
J. CHESNEAUX, I. B. COHEN, P. COSTABEL,
G. DARMOIS, M. DAUMAS, M. DURAND, R. FURON,
P. HUARD, J. ITARD, J. JACQUES, J.-F. LEROY,
J. LÉVY, CH. MORAZÉ, J. ORCEL, J. PIVETEAU,
R. TATON, A. TÉTRY, M.-A. TONNELAT,
A. P. YUŞKEVICI, V. P. ZUBOV.

EDITURA ŞTIINŢIFICĂ
BUCUREŞTI, 1972

TRADUCERE DE

MIHAI LIVESCU • MIHAI MAZANEȚ

NOTELE LA VERSIUNEA ÎN LIMBA ROMÂNĂ
AU FOST ÎNTOCMITE DE:

Prof. univ. C.G. MACAROVICI (C.G.M) • **Prof. univ. C. MOTAȘ** (C.M.)
Ing. MARGARETA PELTZ (M.P.)

HISTOIRE GÉNÉRALE DES SCIENCES

Publiée sous la direction de
RENÉ TATON
Directeur scientifique au Centre national
de la Recherche scientifique

Tome III

LA SCIENCE CONTEMPORAINE

Volume I

Le XIX^e^ siècle

© 1961, PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE

COPERTA ȘI SUPRACOPERTA DE:

VAL MUNTEANU

PREZENTAREA GRAFICĂ DE:

GHEORGHE POPOVICI

Prefață

Primul volum al acestei lucrări a expus evoluția gîndirii științifice în diversele civilizații, de la origine pînă la sfîrșitul epocii medievale. Volumul următor ne-a dat posibilitatea să urmărim nașterea, primii pași și mărețul progres al științei moderne, de la Renaștere pînă la sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Pentru a completa această frescă a epopeii științifice, ne mai rămîne să prezentăm mersul accelerat al progresului științific de la Revoluția franceză pînă în zilele noastre.

Deși sfîrșitul secolului al XVIII-lea nu reprezintă o cotitură hotărîtoare în evoluția gîndirii, el corespunde totuși unei modificări adînci a condițiilor activității științifice și deschide, datorită acestui fapt, calea științei contemporane. Într-adevăr, reînnoirea metodelor de învățămînt și introducerea progresivă a unei organizări raționale a cercetării au avut drept consecință o accelerare a progresului științific care va lua forme din ce în ce mai evidente, conducînd la extinderea continuă a domeniului științei și la dezvoltarea rapidă a diverselor ei ramuri.

Una din caracteristicile cele mai importante ale acestui progres este reprezentată de influența crescîndă a tehnicii matematice asupra științei teoretice. O caracteristică și mai importantă încă — chiar dacă nu am lua în considerație decît implicațiile ei sociale — este legătura din ce în ce mai strînsă dintre progresul științei pure și evoluția tehnicii. Această legătură este de fapt o legătură în ambele sensuri: ea este ilustrată atît prin repercusiunile evidente pe plan tehnic și industrial, ale progreselor spectaculoase intervenite în domeniile electricității, termodinamicii și chimiei, cît și prin influența directă a unor anumite cercetări, făcute cu scop utilitar, asupra dezvoltării diferitelor științe. Începînd cu noua epocă, cercetarea științifică încetează de a mai fi o activitate pur teoretică, pentru a deveni un factor de prim ordin al progresului material, un fenomen social a cărui importanță se va manifesta cu o și mai mare amploare în zilele noastre.

Acestei revelări progresive a rolului deținut de știință în construirea cadrului civilizației contemporane îi corespunde o evoluție paralelă a înseși condițiilor cercetării științifice. Într-adevăr, extinderea domeniului științei atrage după sine o specializare crescîndă a activității cercetătorilor și impune îmbunătățirea continuă a instrumentelor de lucru și de investigație ale acestora.

Vechile metode ale amatorismului și ale mecenatului în cercetarea științifică se vor dovedi astfel insuficiente, iar necesitatea promovării unei politici îndrăznețe a științei va fi înțeleasă progresiv de cei mai clarvăzători conducători ai țărilor evoluate. Inițierea acestei mișcări reînnoitoare de către Revoluția franceză spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea are drept consecință modificarea bruscă a ritmului producției științifice și inaugurează era științei contemporane.

■

Începînd de atunci, știința a cunoscut un avînt din ce în ce mai rapid, iar amploarea progreselor realizate în mai puțin de două secole depășește cu mult toată contribuția științifică a mileniilor precedente. Întinderea domeniului a cărui explorare vrem s-o întreprindem este atît de mare, încît am fost obligați să împărțim studiul în două părți, dedicate secolelor al XIX-lea și al XX-lea, luate separat.

Această nouă delimitare cronologică pe care o introducem este marcată, fără nici o îndoială, de mutații capitale ale gîndirii științifice. Dezvoltarea teoriei mulțimilor și a metodei axiomatice, de exemplu, reînnoiește însuși spiritul matematicii, iar descoperirea radiațiilor X și a radioactivității, dezvoltarea teoriei atomice moderne, nașterea teoriei cuantelor și a teoriei relativității deschid o nouă fază în evoluția științelor fizice. Dimpotrivă, în alte domenii ale științei nu se produc cotituri atît de caracteristice. De aceea, pentru a atenua într-o oarecare măsură neajunsurile unei împărțiri cronologice prea precise, n-am aplicat-o decît cu o anumită suplețe, lăsînd fiecărui autor o libertate destul de mare în alegerea intervalelor de timp corespunzătoare subiectului studiat.

Ținînd seama de aceste măsuri, credem că volumul al III-lea al *Istoriei generale a științei*, consacrat secolului al XIX-lea, prezintă o unitate internă satisfăcătoare.

■

Lucrarea pe care o abordăm se lovește de obstacolele evidente pe care i le pun în cale extinderea excesiv de mare a domeniului științei, creșterea rapidă a numărului publicațiilor de specialitate și tehnicitatea lor crescîndă. Ar fi de neconceput ca un singur autor să asimileze totalitatea producției științifice a secolului al XIX-lea într-o asemenea măsură încît să-i poată discerne principalele linii directoare și să-și exprime păreri motivate asupra celor mai diferite aspecte ale ei. Rarele încercări făcute în această direcție sacrifică cu bună știință sectoare întinse ale științei, ascund cu ajutorul narațiilor imposibilitatea în care se află autorul de a stăpîni subiectele puse în discuție, sau înlocuiesc analiza imparțială a faptelor prin generalități istorice sau prin comentarii filozofice inspirate de teze aprioriice. O încercare de descriere obiec-

tivă, ca accea pe care o încercăm aici, nu poate fi deci întreprinsă decît de o echipă de istorici și de oameni de știință, în care fiecare autor să-și mărginească analiza la domeniul de cercetare care îi este familiar.

Desigur că realizarea unei lucrări de ansamblu prin colaborarea unui număr mai mare de autori specializați nu este nici ea scutită de dificultăți. Una din aceste dificultăți, deosebit de evidentă începînd cu secolul al XIX-lea, rezultă din fragmentarea subiectului în sectoare relativ înguste ale căror limite riscă să mascheze interacțiunile fecunde care se manifestă între diferitele domenii ale științei. De fapt, orice încercare de descriere și de explicare a evoluției științei conduce în mod inevitabil la o anumită fragmentare arbitrară a singurei realități incontestabile: viziunea globală a progresului în întreaga lui complexitate. Pentru a preveni schematizarea inerentă a planului pe care l-am adoptat și pentru a combate imperfecțiunea împărțirilor care decurg din el, fiecare autor s-a străduit să scoată în evidență corelațiile care există între anumite aspecte ale studiului său și dezvoltarea altor ramuri ale științei. Curente diferite de cercetare și fapte diferite se vor găsi astfel evocate în mai multe capitole, unde vor fi prezentate în lumini complementare, care le vor reda mai bine adevărata fizionomie.

O a doua dificultate constă în însăși prezentarea subiectului expus. Între cele două soluții extreme, aceea a lucrării de vulgarizare, care sustrăgîndu-se din fața oricărei precizii tehnice se mărginește la evenimente puțin importante sau la aproximări îndrăznețe, și aceea a studiului specializat, care intrînd în fiecare clipă în amănuntul precis al faptelor nu poate fi abordat decît de cititorii perfect la curent cu teoriile prezentate, noi am ales o cale intermediară. Într-adevăr, autorii au încercat să împace cele două cerințe, în aparență contradictorii, aceea de exactitate și aceea de claritate, căutînd să dea o viziune cît mai fidelă posibil a teoriilor și a faptelor expuse, dar evitînd în același timp o prea mare tehnicitate. Totuși este de la sine înțeles că nu putem încerca să analizăm principalele cuceriri ale științei secolului al XIX-lea fără să recurgem la un vocabular științific de bază, și nici fără să citățm cîteva enunțuri precise, ba chiar și cîteva formule. Prezentarea cu litere mici a pasajelor mai tehnice reduce o parte din aceste dificultăți de neevitat, iar tabla de materii foarte detaliată și cele două indexuri de la finele lucrării dau posibilitatea ca importantul material documentar astfel reunit să fie folosit cît mai bine. Indexul numelor de savanți citați (cu prenumele lor, data nașterii și a morții) constituie de altfel prin el însuși un instrument documentar a cărui utilitate credem că va fi apreciată de numeroși cititori.

■

După o scurtă prezentare a ambianței epocii, primele cinci părți ale acestei lucrări expun progresele realizate în diversele domenii ale științei din decursul secolului al XIX-lea. Împărțirea pe care am adoptat-o în acest scop se adaptează cît mai fidel posibil la structura acestei științe. Din această cauză, ca este

mai detaliată și mai precisă decît aceea pe care am folosit-o în diferitele părți ale volumului precedent, fără să se inspire totuși din concepții prea actuale. Evident că amănuntele acestei împărțiri pot fi puse în discuție, însă oricare altă formă s-ar expune la critici asemănătoare.

După părerea noastră, în fața imposibilității de a găsi o soluție complet satisfăcătoare, n-are nici un rost să acordăm problemelor de plan o importanță conceptuală pe care n-ar trebui s-o aibă în realitate.

Partea a VI-a tratează despre condițiile vieții științifice, mai întîi din Europa occidentală, apoi din Rusia și Statele Unite, țări a căror trezire rapidă la viața științifică va anunța strălucitele succese de mai tîrziu, și la sfîrșit, despre acelea din regiunile rămase încă parțial izolate de progresul spectaculos al științei. Aceste capitole prezintă concomitent influența crescîndă a condițiilor politice și sociale asupra evoluției științei, precum și expansiunea continuă a științei contemporane, a cărei influență crește progresiv în toate colțurile lumii.

■

Vom reaminti, în sfîrșit, că studiul nostru nu se ocupă nici cu istoria științelor umane, nici cu aceea a științelor tehnice. Legăturile din ce în ce mai strînse care se manifestă între dezvoltarea științelor pure și dezvoltarea tehnicii sînt expuse în foarte multe locuri ale acestui studiu. Analiza implicațiilor lor pe plan practic este rezervată însă pentru volumele paralele ale lucrării *l'Histoire générale des Techniques*. De asemenea, existența unor importante studii de sinteză, ca *l'Histoire générale des Civilisations*, ne-a permis să reducem la niște scurte rezumate descrierea contextului politic, filozofic, economic și social.

Ca și volumele precedente ale acestei lucrări, acest nou volum din *Istoria generală a științei* este rezultatul unei colaborări active între numeroși autori care au primit să se supună diferitelor exigențe impuse de punerea la punct a unei asemenea lucrări, o primă încercare de sinteză a științei secolului al XIX-lea abordată sub această formă și de o asemenea amploare. Tuturor acestor colaboratori devotați precum și tuturor acelora care ne-au dat, în diferitele lor calități, un ajutor prețios, le adresăm cele mai sincere mulțumiri.

RENÉ TATON

Geniul secolului al XIX-lea

UN SECOL AL PARADOXURILOR. S-a auzit spunîndu-se timp îndelungat de către multă lume şi, în special, din partea acelora numiţi conservatori, că secolul care a trecut a fost — după denumirea pe care i-a dat-o Lasserre şi care a făcut epocă — „stupidul secol al XIX-lea". Este adevărat că secolul acesta nu se înscrie în tradiţia curentelor moderate ale spiritului şi ale sentimentelor. Mai este de asemenea adevărat că, dacă urmărim originea multora din instituţiile moderne şi a invenţiilor noastre, o găsim în secolul al XIX-lea, descoperind însă în acelaşi timp că fondatorii de instituţii şi făuritorii de invenţii s-au înşelat fără doar şi poate asupra viitorului rezervat realizărilor lor. Saint-Simon şi saintsimonienii lui sînt vrăjiţi de căile ferate şi le văd rulînd spre pacea perpetuă, în timp ce ele se îndreaptă spre războiul total. Filozofii şi poeţii sînt de părere că progresul duce spre libertatea individului, deşi tendinţele de organizare totalitară a societăţii din acele timpuri păreau să infirme aceasta. Ştiinţa continuă să-l sărbătorească pe Newton, în timp ce îi discreditează teoriile.

Ce este deci acest secol al XIX-lea? Este intervalul central al unei perioade a cărei unitate aparentă se întinde între anii 1780 şi 1920, al unei perioade care începe prin cea mai mare dintre revoluţiile europene, întovărăşită de un război european, pentru a se termina cu primul dintre războaiele mondiale, urmat de cea mai adîncă revoluţie socială. Este o perioadă ilustrată, de la începutul şi pînă la sfîrşitul ei, de o mulţime impresionantă de invenţii revoluţionare şi cuceritoare purtate de la un capăt al lumii, pînă la celălalt.

Secolul acesta al XIX-lea nu este un secol al tradiţiei. Este un secol al exploziilor. Totul se fărîmiţează. Puterea monarhică se împarte între cele o sută de capete ale parlamentului, iar ordinea feudală se destramă în mulţimea de aventuri burgheze. Este atunci uşor de înţeles de ce s-a pus speranţa în individ ca factor esenţial — ba chiar ca factor unic al progresului — precum şi în libertatea necesară dezvoltării lui. Secolul al XIX-lea a crezut în genii.

UN SECOL AL GENIILOR. După vechea tradiţie clasică, geniul este după caz un demon mărunt sau un zeu neînsemnat, bucurîndu-se de o situaţie modestă în mitologia antică şi de aceeaşi situaţie modestă în demonologia creştină. Geniul este o fiinţă mai curînd familiară sau binevoitoare decît înclinată

spre rele și nu este luat niciodată cu adevărat în serios. Romanticul secol al XIX-lea face din geniu un om, un om mare, un fel de încarnare a inventivității divine cîteodată, un purtător de torță al umanității care suferă pentru necazurile eroului și se bucură de victoriile lui. Ar trebui recitite paginile pe care le consacră acestor oameni Victor Hugo: un șir lung de profeți, de inventatori, de eroi ai păcii și ai războiului. Dar lista este lungă în trecut numai pentru că cuprinde toată istoria. De fapt, pînă în 1815, numărul oamenilor de geniu cu care se putea mîndri fiecare secol este neînsemnat. Numărul lor se mărește în secolul al XIX-lea; geniul înflorește pretutindeni, în litere și în artă, în politică, în tehnică și în știință.

În secolul al XX-lea, numărul descoperirilor și al oamenilor iluștri s-a mărit atît de mult încît chiar omul cel mai cultivat nu putea avea pretenția că le cunoaște măcar numele: geniile se sufocă în propria lor masă. Secolul al XIX-lea a fost deci un secol unic, în care geniile erau în același timp și numeroase și cunoscute.

Lucrul acesta se explică prin extrema eficacitate a muncii de clasificare, formulare și definire, depusă de inițiatorii Enciclopediilor. Munca celor care au venit după ei a fost atît de mult ușurată, încît, în ochii unui public încă obișnuit cu încetineala creației secolelor mai vechi, împotmolite în false precauții și în definiții iluzorii, orice talent devenea un geniu.

Între această fecunditate, care pe atunci părea ceva cu totul nou, și fărîmițarea vulcanică despre care am amintit mai sus, legăturile sînt foarte strînse. Spiritul creator nu putea fi închis nici în cadrul unei societăți învechite, nici în cadrul unui singur continent, astfel că încrederea oarbă în drepturile atotputernice ale acestui spirit creator justifica revoluțiile și făcea ca războaiele să fie acceptate. Oamenilor nu li se părea că cei care mureau eroic plăteau un preț prea ridicat pentru noua putere a omului.

■

Cele ce s-au spus mai sus despre secolul al XIX-lea, luat în ansamblu, se pot spune și despre știință și tehnică care înfloresc. Noile definiții care se impun în jurul anului 1800 prezintă o mai mare importanță în știință decît în politică sau în artă.

DOMNIA MECANICII ȘI A MASEI. În perioada de la Galilei la Newton se impusese noțiunea de *masă*. După Lavoisier, balanța rămîne cel mai simplu instrument de fizică și devine din ce în ce mai precisă. Balanța sugerase și pînă atunci anumite raționamente fizice, dar de aici înainte, ea impune cantitatea, măsurată în general în raport cu o greutate, drept elementul cel mai simplu și mai sigur cu ajutorul căruia poate fi înțeleasă realitatea. Noile domenii ale fizicii și ale chimiei se organizează în jurul acestei noțiuni centrale. Căutarea celei mai mici cantități face să se atribuie vechiului cuvînt *atom* o definiție a cărei nouă bogăție se măsoară prin eficiența pe care i-a dat-o Mendeleev, în timp ce *amperul*, acest cuvînt nou în fizică, permite ca misterioasa electricitate să se rînduiască și ea printre mărimile ce pot fi măsurate.

Între 1800 și 1850, în chimie ca și în electricitate, misiunea este favorabilă cîtorva oameni mari pe care obiceiul introdus pe atunci, de a se da unităților de măsură numele inventatorilor lor, i-a făcut nemuritori. Volta și Ampère îl încadrează pe Gauss, înainte ca Faraday să fi deschis noile căi ale electromagnetismului.

Între timp, datorită lui Priestley și apoi lui Lavoisier, lui Dalton și Gay-Lussac, corpurile simple ale universului sînt definite prin greutățile lor atomice caracteristice. Pînă în jurul anului 1850, se acoperă astfel un cîmp imens. Instrumente de măsură de mare precizie furnizează date care pot fi tratate cu ajutorul matematicii, ale cărei progrese, izolate pînă mai ieri, nu numai că sînt întovărășite acum de aplicații firești, dar sînt chiar precedate și solicitate de noile cerințe ale științelor naturii. În felul acesta, toate unitățile noi necesare măsurătorilor precise, exprimate în unități de greutate, sau în cantități avînd însușiri cît mai apropiate posibil de acelea ale greutății, se încadrează într-un ansamblu care dă multora iluzia unui mecanism. Mai mulți savanți ajung la părerea că știința a descoperit chiar resorturile lumii, că l-a descoperit pe Dumnezeu.

ÎNCURCĂTURA FILOZOFILOR. Totuși, orgoliul cîtorva savanți nu trebuie să ne inducă în eroare. În marea lor majoritate, oamenii a căror atenție este îndreptată mai mult asupra funcționării instrumentelor lor decît asupra modului în care le funcționează spiritul rămîn nepăsători la tezele filozofilor, și în special la acelea ale lui Hegel. De la Kant la Hegel, înțelepciunea lumii a făcut o cotitură care este necesar să fie analizată.

Kant trăise într-o vreme în care, începînd de la faimosul Mirandola, unui om cu gîndire pătrunzătoare și studioasă nu-i era încă absolut imposibil să dobîndească o vedere generală asupra cunoștințelor umane. Dacă în aceste condiții Descartes ni se pare un fel de profet al lumii newtoniene, atunci Kant este într-adevăr filozoful ei. Receptiv la tot ceea ce era mai valoros în plăsmuirile abstracte ale secolului al XVIII-lea, Kant desprinde din ele un tablou spiritual pe care critica lui îl eliberează cu succes de tot ce era perimat, pentru a constitui adevărate prolegomene, valabile în orice metafizică viitoare.

Din nefericire, metafizicienii care îl urmează, în loc să procedeze ca el și să stea cu fața la știință, se cufundă în ei înșiși, meditînd asupra „prolegomenelor" ca și „criticii", uitînd să mai intre în laboratoare unde știința merge înainte. Ideile pe care le propuneau ei erau poate valoroase pentru meditațiile asupra acelei părți a efortului uman care nu era supus măsurii, însă absurde în ochii unor savanți pentru care exactitatea era sinonimă cu eficacitatea concretă.

SUPERIORITATEA EXPERIENȚEI ASUPRA DEDUCȚIEI. Faptul că între metafizica secolului al XIX-lea și știința care îi era contemporană nu existau contacte, se explică prin tendința științei din acea epocă de a se sustrage oricărei priviri de ansamblu. Care sînt cauzele? Extinderea uimitoare, începînd cu a doua treime a secolului, a domeniilor științei. O extindere în primul rînd geografică. Din secolul al XVI-lea și pînă în secolul al XVIII-lea, Europa

savantă a fost mai ales Europa occidentală: tradiția italiană se menține încă, însă cu rezultate care și-au pierdut totuși din vigoare; între Franța și regiunea renană se întinde măreața cale care duce de la Descartes la Leibniz, de la Bernoulli la Maupertuis și la elevii lui d'Alembert, iar Anglia triumfă cu Newton. Secolul al XIX-lea este secolul Europei centrale și orientale: geniul ei se înalță cu Gauss, se extinde cu Lobacevski pentru ca apoi, prin intermediul lui Riemann și Weierstrass, să conducă la Einstein. Această expansiune geografică, însoțită de o înflorire a matematicii conduce la contradicții care îi va dezbina de exemplu, pe cei doi certăreți, Kronecker și Dedekind, și care îi va inspira lui Boole o realizare nemaiavînd legătură cu calculele propriu-zise, ci cu operațiile mentale pe care acestea le implică. În fine, această extensie a matematicii este în același timp un semn al extensiei fizicii și chimiei.

Concepțiile newtoniene asupra spațiului au fost puse la îndoială atunci cînd a apărut noțiunea de cîmp magnetic, iar dacă ideile asupra atracției au trezit repede incertitudini, problemele pe care le-a pus studiul vitezei luminii au scos la iveală contradicțiile care despărțeau diferitele ramuri ale fizicii. Măreața și armonioasa organizare unitară a gîndirii științifice din timpul lui Laplace și al lui Lagrange face loc disputelor dintre școli. S-a terminat cu spațiul kantian, condiția universală a sensibilității: spațiul fizicianului își schimbă natura după cum studiază electricitatea, optica, căldura sau gravitația.

Schimbările din chimie sînt și mai complexe. Bineînțeles că chimiștii evadează și ei din mecanicile simpliste întrevăzute de optimismul anilor 1820. Pe de o parte, noțiunea de entropie face ca unele idei ale chimiștilor să depindă de vicisitudinile pe care le cunosc fizicienii. Pe de altă parte, primele succese ale chimiei organice nu fac să creadă într-o victorie a concepțiilor mecaniste decît pe acele spirite unilaterale care nu reușesc să-și dea seama de prăpăstiile care se întredeschid în fața lor. Faptul că Pasteur trebuie să recurgă la intervenția vieții și a misterelor ei pentru a explica disimetriile cristaline infirmă concluziile prea superficiale pe care Berthelot le deducea din sintezele sale.

Toate aceste contradicții sînt suficiente ca să explice confuzia care domnea în mințile cu ambiții sintetice, precum și dispariția filozofiei ca știință universală a gîndirii.

Dacă în secolul al XVIII-lea titlul de filozof făcea să crească prestigiul chimiștilor dinaintea lui Lavoisier și al matematicienilor dinaintea lui Legendre, lucrurile se schimbă spre sfîrșitul secolului al XIX-lea. Savantul nu poate fi decît savant, nu vrea să aibă de-a face cu metafizica și nu năzuiește decît la ceea ce poate fi experimentat. În ceea ce-i privește pe aceia care vor să filozofeze, fie ca profesioniști, fie din cauză că au talent, o fac în afara laboratoarelor.

Lucrul acesta nu-i oprește pe savanții din laboratoare să iasă din ele, nici pe gînditorii altor discipline să pătrundă acolo. În ambele cazuri însă este vorba de pozitivism. Epoca pozitivistă a lui Auguste Comte urmează epocii metafizice. Plecînd de la considerații practice, se încearcă fie să se coordoneze

nu atît rezultatele, cît procedeele, fie să se creeze metode valabile pentru discipline noi, sociologice sau mai ales psihologice, cum este *behaviorismul* lui William James, sau studiul reflexelor condiționate al lui Pavlov.

SFÎRȘITUL DOMNIEI RAȚIUNII OBIȘNUITE. Aceste contradicții de care se izbesc științele naturii și matematica la sfîrșitul secolului al XIX-lea trezesc neliniști al căror ecou se face Henri Poincaré. Totuși, mijloacele de a le domina sînt deja concepute și expuse în lucrări răzlețe, cărora tînărul Albert Einstein li se va consacra cu o pasiune care va inaugura epoca modernă.

În istoria gîndirii, modul de a gîndi al lui Einstein este mai important decît acela al lui Descartes. Acesta din urmă meditase asupra rigorii eficiente a demonstrațiilor matematice, și admițînd că orice om lipsit de idei preconcepute putea fi receptiv față de această rigoare, a conchis că există o universalitate a dreptei judecăți de care se putea prevala fiecare, făcînd din Eu arbitrul și sursa oricărui adevăr. Așa raționase și Kant. Einstein va sfida însă bunul-simț și va susține că unitatea științei trebuie preferată experiențelor interioare ale Eului. Puțin interesează deci rigoarea matematică a mecanicii raționale; dacă n-a putut menține unitatea gîndirii științifice, înseamnă că este falsă, sau adevărată numai la scară redusă.

Relativitatea va recomanda noii matematici întîietatea lecțiilor pe care ni le dau lucrurile prin intermediul mulțimii de cercetători cu concepții opuse față de calculele Eului solitar și va susține mai degrabă unitatea realului, decît aceea a spiritului care îl cercetează.

Din acel moment, misiunea proprie a secolului al XIX-lea se apropie de sfîrșit. Despre atom nu se mai crede că este ceva ce nu se mai poate diviza, ci din contra, ceva ce trebuie divizat. Nu se mai crede că universul rațional este infinit, egal cu el însuși, ci dimpotrivă, că trebuie să i se definească limitele și stările. Timpul se integrează în spațiile infinite care nu vor mai trebui interpretate decît în evoluție.

■

OMUL, FIUL ANIMALULUI. Nu s-a găsit nici un filozof al secolului al XIX-lea care să dea concepției de Mișcare, ca zeitate supremă, o strălucire comparabilă cu aceea pe care cartezienii i-o recunoșteau Zeului Imuabil. Și totuși, în ultima treime a secolului, întreaga gîndire conservatoare trebuie să-și mobilizeze forțele pentru ca să lupte contra unei noi doctrine evoluționiste, promovată nu pe baza fizicii matematice, încă prea îndepărtată de public, ci de o disciplină contra căreia „bunul-simț" cartezian va angaja ultima lui bătălie, pentru a cunoaște și ultima lui înfrîngere. Este vorba de biologie.

Două nume, două opere esențiale, dar cît de diferite una de alta! Englezul Darwin, care moștenise de la familia lui și de la mediul în care trăise înclinația spre studiul fenomenelor naturii, își clasează observațiile pe care le făcuse în timpul lungilor peregrinări pe corabia „Beagle" pentru ca apoi, după ce l-a citit pe Malthus, să conceapă selecția naturală ca factor fundamental al evoluției speciilor. La granițele răsăritene ale Europei centrale, Mendel

descoperă genetica cultivînd grădina mănăstirii în care trăia. Darwin, cu sufletul răvășit de o descoperire despre care își dădea seama că va tulbura atîtea conștiințe, ezită, caută într-o boală stranie refugiul contra unei responsabilități atît de mari, și își publică în sfîrșit ipotezele ai căror campioni se pregăteau să devină alții. Mendel a murit în pace, obscur, fără să bănuiască că peste o jumătate de secol va procura biologiei mijloacele de a continua efortul lui Darwin și de a-l depăși.

Se știe ce furtuni au zguduit gîndirea atunci cînd a început să sufle puternicul vînt al evoluționismului și ce absurde erau argumentele „de bun-simț" îndreptate contra unei concepții care făcea din om un urmaș al maimuței!

OMUL, STĂPÎNUL VIEȚII. Din toate aceste bătălii spirituale dintre om și viață vor supraviețui însă și anumite remedii eficace. Încă de la începutul secolului al XIX-lea, medicii francezi din școala lui Pinel și Laennec aruncaseră peste bord tot talmeș-balmeșul vechii farmacopee. Urmează Claude Bernard care experimentează și apoi Pasteur care revoluționează și cu toții împreună dau arme care vor permite să se învingă adesea moartea, să se prelungească vîrsta medie a speciei umane și să se traseze căi ale sănătății prin junglele, mlaștinile și pădurile Americii, Africii, Asiei și Oceaniei, unde exploratorii vor aduce speranța vieții, încercînd să afle secretul climaturilor necunoscute și al culturilor neobișnuite. Antropologia devine forma nouă a geografiei, cu o jumătate de secol după ce Quetelet ajunsese să stăpînească statistica.

■

În felul acesta Europa, înainte de a se prăbuși în ucigătoarele focuri de artificii ale războaielor ei, dăduse restului lumii instrumentele științei.

PARTEA ÎNTÎI MATEMATICA

Descrierea principalelor faze ale progresului matematicii din secolul al XIX-lea se prezintă sub aspecte diferite — mai deslușite poate decît în alte domenii ale științei — după cum încercăm să plasăm această evoluție în cadrul epocii ei, sau să o judecăm din punctul de vedere al științei actuale. În timp ce este firesc ca matematicienii care cercetează originile teoriilor celor mai moderne să adopte această din urmă metodă, cel ce elaborează istoria științei este obligat să urmărească diferitele curente de gîndire, să descrie și să explice preocupările diferite, și adesea divergente, ale savanților fiecărei epoci.

Făcînd tranziția dintre enciclopedismul secolului al XVIII-lea și specializarea strictă a epocii noastre, secolul al XIX-lea este pentru matematică o perioadă de dezvoltare intensă, caracterizată prin extinderea și diversificarea continuă a domeniilor de cercetare. În timp ce grija pentru rigoare, logică și abstracție, manifestată în numeroase lucrări, pregătește nașterea matematicii formalizate a secolului al XX-lea, diferitele ramuri ale geometriei cunosc o dezvoltare strălucită care își va încetini ritmul spre sfîrșitul secolului odată cu prăbușirea anumitor speranțe prea ambițioase de autonomie. Secolul al XIX-lea asistă și el la crearea și la expansiunea rapidă a fizicii matematice, care, folosind posibilitățile oferite de instrumentul matematic, va furniza subiecte fecunde de studiu, orientînd prin aceasta evoluția unor anumite domenii. Deși foarte adesea în opoziție, aceste două tendințe, una orientată spre teoria abstractă iar cealaltă spre explicarea fenomenelor concrete, vor coopera la progresul general al edificiului matematic.

NOILE CONDIȚII ALE PROGRESULUI. Impresionanta dezvoltare a diferitelor ramuri ale matematicii din secolul al XIX-lea, este urmarea directă a creșterii însemnate a numărului cercetătorilor și a extinderii corespunzătoare a numărului publicațiilor lor. Creșterea aceasta se manifestă continuu în decursul secolului, urmînd o lege de tip exponențial: se constată astfel că totalul anual al publicațiilor se dublează între 1870 și 1909.

Una din cauzele care explică această evoluție constă în extinderea geografică a culturii matematice superioare care, localizată la începutul secolului mai ales în cîteva țări din Europa, își manifestă existența, spre sfîrșitul acestei perioade, într-o arie mult mai vastă. Factorul hotărîtor rămîne însă dez-

voltarea rapidă a cercetărilor matematice din interiorul țărilor celor mai evoluate datorită democratizării crescînde a învățămîntului superior și a profesionalizării activității matematice.

Această evoluție este determinată și ea de anumiți factori politici, sociali și economici. Reforma învățămîntului superior științific și tehnic realizată în Franța de Revoluție acordă într-adevăr matematicii un loc mult mai important decît în trecut în cadrul programelor de studii și încredințează principalele catedre celor mai eminenți savanți, investindu-i cu o importantă funcție socială și eliberîndu-i de preocupările materiale cele mai imediate. Ceva mai mult, punînd învățămîntul în contact direct cu cercetarea și făcîndu-l accesibil unor pături mai largi ale societății, această reformă favorizează apariția mult mai multor vocații matematice.

Din Franța, acest curent se extinde și în celelalte țări ale Europei unde întîlnește curentul de deșteptare a sentimentului național, un factor eminent de progres, precum și acela de dezvoltare a mașinismului care favorizează cercetarea aplicată și, indirect, perfecționarea instrumentului matematic.

Extinderea cercetărilor este înlesnită de crearea unui număr crescînd de reviste de specialitate, de apariția primelor buletine bibliografice și de întemeierea societăților matematice regionale sau naționale: London Mathematical Society (1865), Société mathématique de France (1872), Edinburgh Mathematical Society (1883), Circolo matematico di Palermo (1884), American Mathematical Society (1888), Deutsche Mathematische Vereinigung (1890) etc. Primele congrese internaționale de matematică (Zürich, 1897; Paris, 1900) sînt scena unor confruntări pasionante. Într-un raport prezentat la Congresul din 1900, Hilbert face bilanțul ultimelor cercetări, prezentînd în același timp un tablou deosebit de lucid al celor mai importante probleme care se puneau la începutul secolului al XX-lea.

SITUAȚIA ÎN DIVERSE ȚĂRI. Centru necontestat al studiilor matematice la începutul secolului, Franța și-a concentrat esențialul activității sale la Paris, unde Școala politehnică a format în cîteva decenii o pleiadă de matematicieni și de fizico-matematicieni de valoare. Înființarea facultăților de științe, a Școlii normale superioare etc. vor conduce, în jurul anului 1840, la desființarea cvasimonopolului deținut de Școala politehnică, menținînd totuși rolul privilegiat al capitalei. Renumele matematic al Parisului va atrage în prima treime a secolului numeroși studenți și cercetători străini dornici să se inițieze în aspectele cele mai noi ale cercetării. Cu toate că prestigiul crescînd al universităților germane a atras mai tîrziu către ele o parte importantă din acești oaspeți de calitate, Parisul a rămas totuși, de-a lungul întregului secol, unul din cele mai însemnate centre ale învățămîntului matematic. La menținerea renumelui învățămîntului francez a contribuit de asemenea și publicarea a numeroase lucrări de valoare, difuzate într-un număr mare de țări. Paralel cu aceste lucrări, văd lumina zilei importante reviste de specialitate, ca de exemplu: „Journal de l'École polytechnique" (1795); „Annales de mathéma-

tiques", editate de Gergonne (1811—1832), „Journal de mathématiques pures et appliquées", editat de Liouville (1837) etc., iar „Comptes rendus de l'Académie des Sciences", fundată în 1835, asigură difuzarea aproape imediată a rezultatelor noi.

Şcoala matematică germană — dominată timp de aproape o jumătate de secol de impozanta personalitate a lui Gauss aflat într-un fel de retragere la Göttingen — va inaugura, între anii 1820 şi 1830, o perioadă de dezvoltare strălucită care îi va permite să ajungă în fruntea progresului din numeroase domenii, depăşind şcoala franceză prin numărul centrelor ei active, al reprezentanţilor şi al publicaţiilor ei. Acest avînt, datorat la începuturile lui reformei învăţămîntului universitar şi activităţii eficiente a lui A. von Humboldt, a fost consolidat prin crearea seminariilor, adică a acelor mici grupe de lucru animate de profesori.

Centrele cele mai active şi cu mai multă autoritate au fost Göttingen, distins prin îndelungata prezenţă a lui Gauss, şi apoi, către sfîrşitul secolului, a lui Hilbert, Berlin, în care Weierstrass a format atîţia discipoli eminenţi, apoi Bonn, Erlangen, Halle etc. Crearea, în 1826, a publicaţiei „Journal für die reine und angewandte Mathematik" editat de Crelle, rivalul „Analelor" lui Gergonne şi al „Jurnalului" lui Liouville, a contribuit în mare măsură la consolidarea prestigiului şcolii germane.

Stînd la o parte faţă de mişcarea matematică europeană încă de la mijlocul secolului al XVIII-lea şi sclerozată în ataşamentul ei prea servil faţă de tradiţia newtoniană, şcoala britanică s-a eliberat de cătuşe în primele decade ale secolului al XIX-lea datorită modernizării metodelor de învăţămînt şi, în special, introducerii notaţiilor infinitezimale ale lui Leibniz. Rezultatele strălucite ale acestor măsuri au început să apară odată cu generaţia următoare. Şcoala britanică a jucat un rol deosebit de însemnat în dezvoltarea fizicii matematice, în elaborarea logicii matematice, a algebrei liniare şi a geometriei algebrice precum şi în crearea biometriei moderne.

Aportul Italiei, destul de modest în prima jumătate a secolului, se dezvoltă repede după aceea. Participînd activ la luptele *Risorgimento*-ului[1] şi la reorganizarea învăţămîntului ştiinţific din Italia unificată, o strălucită şcoală matematică întreprinde o importantă operă originală în geometria algebrică şi în geometria diferenţială. Acestui curent, care continuă să se manifeste şi în secolul al XX-lea, i se asociază un altul orientat spre studiul logic al principiilor matematice. Cu toată unificarea politică, cea mai mare parte a vechilor centre îşi păstrează sau îşi reiau activitatea, iar la culegerile de documente academice vin să se alăture importante reviste de specialitate.

În timp ce Elveţia, Belgia şi Olanda, ţări cu un trecut bogat, nu vor da decît cîţiva matematicieni de mare clasă, ca L. Schläfli, J. Steiner şi A. Quetelet, în sfera matematicii moderne intră ţări noi. Acesta este în special cazul ţărilor scandinave şi al Rusiei, ale căror şcoli matematice sînt ilustrate

[1] Mişcare literară, filozofică şi politică orientată spre cucerirea libertăţii şi unităţii Italiei (1815—1870). — *N. R.*

chiar de la începuturile lor de genii ca N. H. Abel și N.I. Lobacevski. Țările Europei Centrale și dunărene au o contribuție mai modestă la progresul general al științei; se remarcă aportul lui J. Bolyai, rivalul lui Lobacevski, și acela al lui B. Bolzano, reînnoitorul analizei.

Celelalte țări nu participă practic, în cursul secolului al XIX-lea la dezvoltarea matematicii, cu excepția Statelor Unite ale Americii, care puțin interesate la început de științele teoretice, vor interveni într-o măsură din ce în ce mai mare în cea de a doua jumătate a secolului, prevestind dezvoltarea strălucită a matematicii americane din secolul al XX-lea.

CAPITOLUL I
Algebra şi geometria

A. REÎNNOIREA ALGEBREI

1. Teoria ecuaţiilor şi teoria grupurilor

TEOREMA FUNDAMENTALĂ. În domeniul algebrei, ca şi în numeroase alte domenii ale matematicii, linia progresului este marcată de amprenta puternicei personalităţi a lui C.F. Gauss (1777—1855). Chiar în teza lui de doctorat (Helmstädt, 1799), Gauss a dat prima demonstraţie riguroasă a „teoremei fundamentale a algebrei", enunţată încă din 1629 de Girard şi demonstrată imperfect de d'Alembert şi apoi de Euler (vezi vol. II, p. 472). Revenind mai tîrziu asupra acestei teoreme, el i-a mai publicat alte demonstraţii bazate pe idei diferite.

ECUAŢII DE GRAD SUPERIOR LUI PATRU. La începutul secolului al XIX-lea, problema centrală a algebrei rămăsese aceea a rezolvării ecuaţiilor de grad superior lui patru, problemă pe care remarcabilele lucrări ale lui Lagrange şi Vandermonde (vezi vol. II, pp. 472—474) o orientase pe o cale care s-a dovedit fecundă. Această cale, aceea a teoriei grupurilor şi a teoriei corpurilor, constituia doar începutul, iar soluţia problemei cruciale nu va fi dată decît atunci cînd aceste teorii vor fi căpătat o formă apropiată de cea definitivă.

Aceasta este perspectiva în care se încadrează răspunsul dat de Gauss (vezi p. 38) în problema rezolvabilităţii ecuaţiei $x^n - 1 = 0$ (unde n este prim şi impar), răspuns care reprezintă o anticipare clară a teoriei grupurilor ciclice. Pe aceeaşi cale se angajează şi italianul Paolo Ruffini (1765—1822) care, prin elaborarea primelor principii ale teoriei grupurilor (permutările), precum şi prin studiul comportării funcţiilor raţionale de rădăcini în timpul permutărilor acestora, încearcă să demonstreze imposibilitatea rezolvării ecuaţiei generale de gradul cinci.

Din cauză că prima sa încercare de demonstraţie (*Teoria generale delle equazioni*, Bologna, 1799) fusese criticată, Ruffini i-a adus o serie de îmbunătăţiri. Deşi în principiu corectă, ultima sa tentativă (*Riflessioni intorno alla soluzione delle equazioni algebraiche generali*, Modena, 1813) nu avea încă precizia necesară pentru ca să se bucure de o aprobare generală. Cauchy, care adusese pe timpul acela (1815) o contribuţie importantă la teoria în curs de formare a grupurilor, a fost unul dintre puţinii matematicieni contemporani cu Ruffini care a apreciat valoarea de netăgăduit a operei acestuia.

Tînărul matematician norvegian Niels Henrik Abel (1802—1829) a reluat la rîndul lui această problemă. După ce a crezut că a găsit o metodă de rezolvare prin radicali a ecuației generale de gradul cinci, el a demonstrat (1824—1826), printr-un raționament mai riguros decît acela al lui Ruffini, imposibilitatea acestei rezolvări. Punctul de vedere algebric, pe care l-a adoptat după aceea în studiul funcțiilor eliptice[1], l-a condus la descoperirea diferitelor tipuri de ecuații rezolvabile prin radicali — din care fac parte și celebrele ecuații abeliene — și la cercetarea criteriilor care caracterizează asemenea ecuații. Moartea prematură a lui Abel a întrerupt această muncă tocmai în momentul în care un alt tînăr minune, francezul Galois, ataca la rîndul lui aceeași problemă.

GALOIS ȘI TEORIA GRUPURILOR. Évariste Galois (1811—1832) a murit la mai puțin de 21 de ani, în urma unui duel. Cu toate că activitatea lui creatoare a fost compromisă de participarea la agitațiile politice, de grelele încercări prin care a trecut și de lipsa de înțelegere pe care a întîlnit-o din partea savanților cu influență, Galois ne apare drept unul dintre matematicienii cei mai originali ai secolului său.

În afară de scurta notă în care introduce „imaginarele lui Galois"[2], esențialul operei sale constă în memoriul *Sur les conditions de résolubilité des équations par radicaux* pe care l-a prezentat Academiei de Științe din Paris în 1831. Sigur de justețea concepțiilor sale, Galois s-a simțit jignit de raportul defavorabil pe care i l-a făcut Poisson și nu a mai întocmit un alt memoriu, fiindcă a fost băgat în închisoare puțin după aceea pentru activitatea sa politică. În noaptea dinaintea tragicului său duel, și-a adunat într-o scrisoare adresată unuia dintre prietenii săi principalele idei, pe care nu putuse să le dezvolte.

„Roagă-i public pe Jacobi sau pe Gauss să-și dea părerea, sfîrșea el, nu asupra adevărului, ci asupra importanței teoremelor mele.

Sper că după asta se vor găsi oameni care vor putea să tragă un folos din descifrarea acestui talmeș-balmeș.

Te îmbrățișez cu căldură".

Importanța concepțiilor reunite în grabă în acest emoționant testament științific arată că dacă ar fi trăit, Galois ar fi putut influența în modul cel mai fericit domenii întinse ale matematicii. În orice caz, chiar acele dintre ideile lui cărora a putut să le dea o formă definitivă nu au fost cunoscute decît în 1846, la 14 ani de la moartea lui, cînd Liouville i-a publicat opera în întregime[3].

[1] A se vedea asupra acestui subiect studiul lui J. Itard, pp. 67—68.

[2] A se vedea asupra acestui subiect studiul lui J. Itard, pp. 81—82.

[3] J. Tannery a publicat, în 1908, diferite fragmente neglijate de Liouville. Aceste texte, precum și scrisoarea citată mai sus, arată că Galois s-a ocupat de integralele funcțiilor algebrice de o variabilă într-o perspectivă destul de apropiată de aceea în care Riemann urma să se angajeze mai tîrziu.

Problema esenţială tratată de Galois este aceea a rezolvabilităţii ecuaţiilor, pe care a dezvoltat-o într-un mod mai general decît precursorii săi Lagrange, Ruffini şi Abel. La baza teoriei sale găsim noţiunea de corp (schiţată de Gauss în 1801), de adjuncţie şi de polinom ireductibil peste un corp dat (noţiune utilizată deja de Abel), care vor fi dezvoltate de Riemann şi Dedekind. Mai pot fi găsite în această teorie principiile şi importantele proprietăţi ale teoriei grupurilor de substituţii, al cărei adevărat creator ne apare astfel Galois.

Pentru a trata problema rezolvabilităţii ecuaţiilor algebrice, Galois arată că fiecărei ecuaţii de acest tip îi poate fi asociat un grup de substituţii acţionînd asupra mulţimii rădăcinilor ei, grup în care se reflectă anumite proprietăţi fundamentale ale ecuaţiei. Renunţînd să deducă direct rezolvantele ecuaţiei date plecînd de la această ecuaţie, Galois descompune în acest scop ordinul grupului asociat într-un şir de factori (şirul de compoziţie al grupului) obţinut conform unor reguli depinzînd de structura acestui grup. Rezolvabilitatea ecuaţiei date, care depinde de posibilitatea de a se obţine un şir de rezolvante binome, corespunde atunci cazului în care şirul de compoziţie al grupului este format din factori primi. Imposibilitatea de rezolvare prin radicali a ecuaţiei „generale" de grad superior lui patru rezultă din aceea că şirul de compoziţie al grupului corespunzător conţine întotdeauna un factor neprim.

PROGRESUL TEORIEI GRUPURILOR. Cheie a teoriei ecuaţiilor, teoria grupurilor şi-a dovedit puterea explicativă, structurantă şi unificatoare în cea mai mare parte a celorlalte domenii ale matematicii, dezvăluind identitatea mecanismelor operatorii şi a legilor de combinare, ascunse sub diversitatea reprezentărilor şi a limbajelor şi precizînd, încetul cu încetul, noţiunea de structură abstractă care joacă un rol atît de important în matematica modernă. Deşi interesat în special în grupurile de substituţii, Galois a avut totuşi o idee destul de clară despre teoria generală a grupurilor. Această teorie stă şi la baza anumitor probleme de teorie a numerelor tratate de Gauss, precum şi a studiului transformărilor geometrice promovat activ în cel de-al doilea sfert al secolului al XIX-lea.

În momentul publicării scrierilor lui Galois, Cauchy reluase studiul grupurilor abstracte de ordin finit (1844). Puţin după aceea, Betti în Italia, Cayley în Anglia, J. A. Serret şi Jordan în Franţa, Sylow în Norvegia, Kronecker şi Dedekind în Germania îşi asumară sarcina de a răspîndi opera lui Galois, clarificînd anumite raţionamente, precizînd sau preconizînd aplicaţiile teoriei grupurilor la teoria ecuaţiilor sau în diverse domenii ale matematicii. Astfel, Cayley a aplicat teoria grupurilor abstracte la cuaternioni (1854), iar Hamilton (1856) a studiat grupurile de simetrie ale poliedrelor regulate.

De-abia după publicarea, în 1870, a lucrării *Traité de substitutions* a lui Camille Jordan (1838—1922), importanţa ideilor lui Galois a fost apreciată la justa ei valoare, iar teoria grupurilor a început să intervină într-o măsură din ce în ce mai largă în domeniile cele mai diferite ale matematicii, în geometrie, în teoria ecuaţiilor diferenţiale sau cu derivate parţiale etc.

Felix Klein şi Sophus Lie, care urmaseră în 1870 cursurile lui Jordan, au arătat rolul excepţional pe care l-au avut în diversele ramuri ale geometriei grupurile continue şi grupurile discontinue, factori fecunzi de explicare şi de unificare, care au permis punerea în lumină a structurii profunde a edificiului geometric şi corelarea teoriilor de origini diferite.

În algebră, datorită lui Kronecker, Weber, Frobenius etc., această orientare a cercetărilor s-a corelat în modul cel mai firesc cu eforturile convergente care pregăteau apariţia algebrei moderne.

Astfel, teoria ecuaţiei generale de gradul cinci s-a bucurat de îmbunătăţiri importante. Bring (1786) şi Jerrard (1832—1835) au arătat cum putea fi transformată o asemenea ecuaţie într-o formă redusă trinomială pe baza unei metode perfecţionată ulterior de Hamilton şi Sylvester. În 1858, Hermite şi, după el, Kronecker şi Brioschi au arătat că soluţia acestor ecuaţii putea fi exprimată cu ajutorul funcţiilor modulare. Klein a demonstrat cu o deosebită eleganţă legăturile strînse care există între studiul acestor funcţii, teoria ecuaţiilor de gradul cinci şi grupurile de simetrie ale icosaedrului regulat (*Vorlesungen über das Ikosaeder und die Auflösung der Gleichungen fünften Grades*, Leipzig, 1884).

METODE DE REZOLVARE APROXIMATIVĂ A ECUAŢIILOR. Problemele referitoare la rezolvarea efectivă a ecuaţiilor numerice au făcut de asemenea obiectul a numeroase lucrări.

În timp ce metoda de rezolvare aproximativă a lui Newton-Raphson era perfecţionată de Mourraille, Fourier şi G. Dandelin, Ruffini (1804) şi W.G. Horner dezvoltau o metodă folosită încă din secolul al XIII-lea în China şi care a cunoscut sub numele de *metoda lui Horner* un mare succes în Anglia şi în S.U.A. Mai citäm, de asemenea, procedeul studiat de E. Waring şi de Dandelin şi definitivat de C. H. Gräffe (1837), care permite ca prin folosirea de serii recurente să se calculeze simultan toate rădăcinile reale şi complexe ale unei ecuaţii. Metoda de rezolvare a ecuaţiilor numerice cu ajutorul seriilor, care preocupase pe matematicienii secolului al XVIII-lea, a fost perfecţionată şi generalizată de diferiţi autori începînd cu Jacobi (1830) şi terminînd cu E. Mc. Clintock (1895), în timp ce Gauss, Bellavitis şi R. Mehmke foloseau în acelaşi scop avantajele pe care le prezenta tehnica logaritmică.

Metoda de localizare a rădăcinilor reale ale unei ecuaţii numerice, iniţiată de Descartes (1637), a fost perfecţionată de Fourier (1796 şi 1820) şi apoi de Sturm care, printr-o teoremă celebră (1829), a determinat numărul exact al rădăcinilor reale cuprinse între două limite date. În cazul rădăcinilor complexe, Cauchy a enunţat în 1831 o teoremă devenită clasică, asupra numărului rădăcinilor reale sau complexe cuprinse în interiorul unui contur închis.

2. Începuturile algebrei liniare. Noi tipuri de algebre

Una din caracteristicile dezvoltării algebrei din secolul al XIX-lea a fost importanţa crescîndă acordată studiului problemelor liniare. Această tendinţă se manifestă prin numeroasele lucrări dedicate determinanţilor, prin introdu-

cerea matricelor, prin studiul formelor algebrice şi al invarianţilor, al teoriei cuaternionilor şi al numerelor hipercomplexe şi, în sfîrşit, prin crearea unor noi tipuri de algebre. Se constată, în acelaşi timp, o extindere a domeniului algebrei liniare care, limitată iniţial la studiul sistemelor de ecuaţii algebrice de gradul întîi, şi-a lărgit sfera de cuprindere la tipuri principale de ecuaţii diferenţiale sau cu derivate parţiale, dovedind o fecunditate de necontestat, unită cu o mare putere de explicare şi în domeniul geometriei.

TEORIA DETERMINANŢILOR. Studiul determinanţilor, iniţiat în secolul al XVIII-lea fără ca acest algoritm să fi fost complet explicat, a cunoscut o mare dezvoltare în secolul al XIX-lea.

H. Wronski a introdus mai mulţi determinanţi particulari dintre care unul, studiat de Liouville, a căpătat numele de „wronskian". J. P. Binet (1813), Cauchy, care a introdus cuvîntul „determinant" în sensul lui modern, precum şi Jacobi, care a publicat numeroase lucrări originale şi expuneri sintetice remarcabile (1841), au stabilit principiile teoriei generale a determinanţilor şi au contribuit la răspîndirea acestui algoritm. În timp ce Hesse aplica determinanţii la teoria eliminării algebrice şi la studiul curbelor de ordinul trei, Cayley (care a introdus notaţia modernă) împreună cu Sylvester dezvoltau teoria determinanţilor şi lărgeau cîmpul aplicaţiilor lor. Introducerea matricelor şi a teoriei invarianţilor au înlesnit studiul proprietăţilor generale ale determinanţilor, precum şi publicarea a numeroase lucrări cu caracter special. Această dezvoltare este confirmată de publicarea în a doua jumătate a secolului a mai multor manuale dedicate proprietăţilor determinanţilor şi aplicaţiilor lor în algebra clasică, în geometrie şi în analiză.

MATRICE ŞI CALCUL MATRICEAL. Matricele apar ca o extindere a conceptului de determinant în studiile asupra compunerii transformărilor omografice întreprinse de Arthur Cayley (1821—1895) începînd din 1843. În 1853, Hamilton introduce matricele într-un mod şi mai explicit în *Lectures on Quaternions*. Calculul geometric al lui Grassmann şi teoria echipolenţelor folosesc de asemenea, într-un mod mai mult sau mai puţin limpede, acest concept. Totuşi, definiţia şi proprietăţile fundamentale ale matricelor n-au fost precizate decît în 1858, de către Cayley. Începînd de la această dată, noul algoritm şi metoda de calcul de care este însoţit s-au bucurat de un succes rapid, mai întîi în şcoala engleză, cu Clifford şi Sylvester, apoi în S. U. A. unde Benjamin Peirce le-a folosit în teoria sa a algebrelor liniare asociative. În secolul al XX-lea, importanţa calculului matriceal a crescut şi mai mult datorită sistematizării algebrei liniare şi extinderii domeniului acestei ştiinţe.

STUDIUL FORMELOR ŞI TEORIA INVARIANŢILOR. Studiul formelor, sau al funcţiilor omogene de mai multe variabile independente, a luat o mare dezvoltare în prima jumătate a secolului al XIX-lea odată cu dezvoltarea geometriei analitice şi, în special, odată cu folosirea coordonatelor omogene.

Într-adevăr, în acest sistem de coordonate, ecuația unei curbe plane sau a unei suprafețe se reduce la anularea unei forme binare sau ternare (de două sau de trei variabile independente), iar schimbările de coordonate sînt echivalente cu niște substituții. Studiul proprietăților figurilor este echivalent deci, din punct de vedere analitic, cu studiul proprietăților formelor și datorită acestui lucru, conduce la reducerea lor la forma canonică și la căutarea invarianților și covarianților lor, adică la diversele funcții de coeficienții lor care rămîn nealterate sub acțiunea anumitor transformări.

Noțiunea de invarianță a apărut în diferite lucrări ale lui Lagrange, ale lui Gauss, Cauchy, Jacobi și Eisenstein, însă conceptul însuși pare că n-a fost clar explicitat decît în 1841, de către Boole. Exemplul lui Boole a fost urmat de doi dintre cei mai eminenți reprezentanți ai școlii algebrice britanice, anume de către Cayley și J.-J. Sylvester (1814—1897), care au inițiat, în jurul anului 1845, o strălucită serie de lucrări în legătură cu teoria formelor (*quantics*) și cu aceea a invarianților. Făcînd schimb de idei și rivalizînd în eforturile lor, cei doi au acumulat în cîțiva ani un număr foarte mare de rezultate, creînd terminologia și principiile de bază ale noilor teorii.

Teoria formelor algebrice și aceea a invarianților, care primiseră un imbold fecund din partea studiului analitic al proprietăților proiective ale curbelor și ale suprafețelor algebrice, urmau să influențeze la rîndul lor în mod fericit acest domeniu de cercetări, furnizînd atît un mod comod de enunțare, cît și o metodă analitică pentru noi descoperiri. Încă din 1844, Hesse folosise coordonatele omogene, notația prescurtată și teoria determinanților la studiul curbelor de ordinul trei, introducînd cu această ocazie determinantul „hessian" care joacă un rol deosebit de important în acest domeniu.

În 1858, Aronhold a scos în evidență legăturile strînse care existau între lucrările lui Hesse și teoria invarianților și a introdus o notație nouă. Între timp, școala engleză începuse să folosească această teorie în geometria analitică, relevînd importanța anumitor curbe, cum sînt curbele polare, curbele lui Hesse, ale lui Steiner și ale lui Cayley. Tratatele lui George Salmon (*Conic Sections*, 1848; *Higher Plane Curves*, 1852; *Modern Higher Algebra*, 1859; *Analytic Geometry of Three Dimensions*, 1862), reeditate de mai multe ori și traduse în limbile germană, franceză etc., au contribuit la răspîndirea noilor teorii și a aplicațiilor lor geometrice.

Aronhold a publicat în 1863 o expunere sintetică cu ajutorul notației sale care urma să fie din ce în ce mai mult folosită. Clebsch a sistematizat aplicarea teoriei invarianților la geometria proiectivă și a creat,în 1868, o revistă, „Mathematische Annalen", consacrată studiului noilor metode algebro-geometrice. În 1868—1869, Gordan a demonstrat că toți invarianții și covarianții rationali ai unei forme binare pot fi exprimați ca o funcție rațională de un număr finit dintre ei (teorema lui Gordan). Această teorie a fost perfecționată de către numeroși alți matematicieni germani, în special de Kronecker, Christoffel, Klein, Study și Fuchs.

În Franța, această nouă cale a fost urmată de către Jordan și Hermite. Acesta din urmă a obținut numeroase rezultate noi privind atît teoria formelor pătratice și a formelor binare (în legătură cu teoria numerelor și cu algebra), cît și teoria invarianților.

În Italia, această teorie a fost răspîndită de Brioschi care a reluat studiul invarianţilor diferenţiali iniţiat mai demult de Jacobi şi C. Neumann. Sub imboldul teoriei formelor diferenţiale a lui Riemann, acest din urmă studiu a căpătat o dezvoltare foarte largă (vezi p.55). Formele şi invarianţii şi-au dovedit de asemenea utilitatea în anumite domenii ale teoriei numerelor precum şi în studiul ecuaţiilor diferenţiale şi al ecuaţiilor cu derivate parţiale. Legăturile lor cu teoria grupurilor au fost puse în evidenţă de numeroşi autori, printre care citäm pe Lie şi, în special, pe Klein. Totuşi, lucrările acestora, conduse în direcţii divergente şi prin metodele cele mai diferite, făcuseră din teoria invarianţilor un edificiu complex în care ideile generale stăteau ascunse în nenumăratele rezultate de amănunt obţinute prin calcule adesea laborioase. În una din primele sale lucrări, Hilbert a reuşit să degajeze, în 1890, legile fundamentale ale acestei teorii într-un mod deosebit de concentrat şi de elegant, extinzînd în special teorema lui Gordan la formele algebrice de n variabile. Acest memoriu fundamental punea în acelaşi timp bazele teoriei idealelor de polinoame care joacă un rol esenţial în geometria algebrică şi în algebra modernă.

CUATERNIONI ŞI NUMERE HIPERCOMPLEXE. După ce a publicat mai multe lucrări fundamentale asupra principiilor opticii geometrice şi dinamicii, W.R. Hamilton (1805—1865) s-a îndreptat spre studiul algebrei, publicînd, în 1835, o teorie riguroasă a numerelor complexe, definite drept perechi de numere reale. Străduindu-se să extindă această concepţie, Hamilton ajunge, în 1843, la teoria cuaternionilor pe care a dezvoltat-o în *Lectures on Quaternions* (1853) şi în *Elements of Quaternions* (1866). Bazată pe extinderea la spaţiu a reprezentării plane a calculului cu numere complexe, cuaternionii dădeau un prim exemplu de algebră necomutativă şi, cu mare anticipaţie, o reprezentare algebrică a teoriei vectorilor.

Hamilton a dezvoltat o teorie diferenţială a cuaternionilor, aplicînd-o la cinematică, la dinamică şi la astronomie. Speranţa lui, prea ambiţioasă poate, de a face din această teorie un fel de aritmetică universală i-a făcut pe unii din discipolii lui, din care unul a fost P.G. Tait, să fundeze o societate pentru răspîndirea cuaternionilor şi să ducă o luptă înverşunată şi sterilă contra celorlalte metode de analiză vectorială care erau elaborate în aceeaşi vreme.

Generalizînd o idee a lui Hamilton, W.K. Clifford (1845—1879) a introdus în 1872 un nou tip de numere hipercomplexe — bicuaternionii — precizîndu-le regulile de calcul şi preconizînd diverse aplicaţii ale acestor numere, în special în geometria neeuclidiană.

DIFERITE TIPURI DE ALGEBRE. Extinderea progresivă a noţiunii de număr a corespuns unei lărgiri a noţiunii de algebră, adică a studiului abstract al legilor de compoziţie care guvernau aceste noi elemente. Noţiunea generală de lege de compoziţie s-a format, la rîndul ei, pe baza lucrărilor lui Gauss asupra anumitor forme pătratice, a teoriei grupurilor de substituţii şi a lucrărilor şcolii engleze de algebră abstractă şi de logică simbolică. Descoperirea

simultană a matricelor şi a calculului geometric al lui Grassmann, precum şi desăvîrşirea noţiunii de corpuri de numere algebrice şi de ideal impuneau reconsiderarea concepţiilor fundamentale şi studierea diferitelor tipuri de algebre, lucrare de mari proporţii care a fost iniţiată de matematicianul american B. Peirce (1809—1880).

Pornind de la studiul cuaternionilor şi al calculului matriceal, B. Peirce a întreprins, începînd din 1864, primele cercetări generale asupra structurii algebrelor de dimensiune finită, punînd în evidenţă noţiuni importante şi diferite proprietăţi fundamentale. Lucrările lui Peirce, publicate mai întîi în 1870 şi apoi în 1881 (*Linear Associative Algebra*), au fost continuate de algebriştii Cayley, Sylvester, Laguerre, C.S. Peirce şi Dedekind, înainte de a fi duse mai departe de discipolii lui Lie: Study, Scheffers, Schur, Molien şi Cartan, care au aplicat la acest studiu metodele folosite în clasificarea grupurilor continue. Aceste cercetări, care s-au extins şi în secolul al XX-lea, au dat la iveală în primul rînd marea varietate a structurilor algebrice (sau a algebrelor) posibile. Ele au mai dat posibilitatea să se înceapă elaborarea unei teorii generale şi să se stabilească progresiv o clasificare, activităţi care au constituit bazele de plecare pentru lucrările algebriştilor secolului al XX-lea. În felul acesta, obiectivul principal al algebrei s-a deplasat printr-o evoluţie rapidă de la teoria ecuaţiilor la teoria structurilor algebrice.

3. Vectori şi tensori

ÎNCEPUTURILE CALCULULUI VECTORIAL. Noţiunile de vector şi de adunare vectorială erau conţinute *implicit* în regulile de compunere a forţelor şi a vitezelor, cunoscute încă de la sfîrşitul secolului al XVII-lea, şi a *fortiori* în studiul sistemelor de forţe întreprins de numeroşi autori la începutul secolului al XIX-lea. În mod explicit şi pentru prima oară, operaţiile vectoriale au fost luate în considerare în legătură cu reprezentarea geometrică a numerelor complexe, fără însă ca conceptul însuşi de vector să fi fost clar definit[4]. Un sfert de secol mai tîrziu, dezvoltarea geometriei moderne, a mecanicii şi a fizicii matematice, precum şi definitivarea noţiunii abstracte de lege de compoziţie vor deschide calea diferitelor interpretări ale conceptului de vector şi a operaţiilor elementare de calcul vectorial.

La originea lucrărilor lui Bellavitis, întreprinse începînd din anul 1832, a stat reprezentarea geometrică a numerelor complexe care l-a condus la „teoria echipolenţelor", prima prezentare de ansamblu a unui sistem de calcul asupra mărimilor orientate. Această reprezentare stă, de asemenea, la baza expunerilor lui Barré de Saint-Venant (1845) şi ale lui Cauchy (1847). Dimpotrivă, Möbius în *Barycentrische Calcul* (1827) şi, în special, H.G. Grassmann (1809—1877) în *Lineale Ausdehnungslehre* (1844, ed. a II-a, 1878, reeditată în 1862), se lansează într-un proiect mult mai ambiţios de analiză geometrică.

[4] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui J. Itard pp. 65—66.

Din cauza îndrăznelii programului, a originalităţii profunde a concepţiei, gîndirii, terminologiei şi notaţiilor, precum şi prin substratul ei metafizic, lucrarea lui Grassmann era greu accesibilă. De aceea, cu toate că a fost apreciată de Gauss şi de Möbius, ea nu a putut influenţa progresul matematicii decît atunci cînd Hankel (1867) şi Schlegel (1872—1875) i-au dat o prezentare mai clară. Expunerea, făcută de Grassmann, a noţiunilor de bază ale calculului vectorial (produs interior, produs exterior etc.), extinse la spaţiile cu n dimensiuni, a trezit pe atunci un interes viu şi durabil.

Un alt mod de expunere rezulta direct din teoria cuaternionilor şi conducea la aceleaşi operaţii vectoriale ca şi calculul geometric al lui Grassmann. Termenii scalar şi vector, în special, sînt datoraţi lui Hamilton.

DEZVOLTAREA ANALIZEI VECTORIALE. Începînd cu mijlocul secolului al XIX-lea, folosirea vectorilor s-a răspîndit cu repeziciune în mecanică, iar progresul staticii sistemelor continue şi al fizicii matematice a condus la introducerea unor anumite mărimi geometrice, definite în orice punct al unui domeniu, ca de exemplu gradientul unui cîmp scalar, a cărui definiţie, schiţată doar de Lamé, a fost precizată de Hamilton. Începînd din anul 1870, influenţa lui Riemann şi răspîndirea lucrărilor lui Grassmann au favorizat progresul analizei vectoriale al cărei simbolism din ce în ce mai rafinat se adapta cu supleţe şi eficacitate la studiul a numeroase probleme de fizică matematică sau de geometrie diferenţială. În cursul celei de-a doua jumătăţi a secolului al XIX-lea, progresele cele mai importante ale analizei vectoriale s-au datorat fizico-matematicienilor, ca Stokes, Maxwell, Heaviside, Gibbs, Lorentz, care, în dorinţa lor de a concretiza diferitele aspecte ale realităţii fizice, au introdus noţiunile de flux, de divergenţă, de rotor etc. Influenţa lor s-a lovit de altfel destul de violent de aceea a anumitor reprezentanţi ai şcolii cuaternionilor, ca Tait şi Macfarlane. De asemenea, mulţimea sistemelor de notaţie a provocat discuţii îndelungate care au întîrziat în anumite ţări introducerea în învăţămînt a metodelor vectoriale.

În secolul al XX-lea, calculul vectorial a cunoscut o largă răspîndire datorită stabilizării progresive a notaţiilor, extinderii aplicaţiilor lui şi dezvoltării rapide a unei discipline înrudite: calculul tensorial.

ÎNCEPUTURILE CALCULULUI TENSORIAL. Calculul tensorial a început să se bucure de un interes deosebit, iar metoda formală de calcul pe care o reprezintă a căpătat recent importanţă în diferite sectoare ale matematicii. Şi totuşi, cea mai mare parte a principiilor lui fuseseră definitivate treptat încă din cursul secolului al XIX-lea şi explicitate în jurul anului 1900.

În acest proces de formare, un rol esenţial a fost jucat de teoria elasticităţii, după cum arată chiar termenul de tensor, introdus de Voigt în 1898 şi reluat de Gibbs în 1902 pentru a indica sistemul de şase numere care caracterizează tensiunile din interiorul unui solid deformat. Regulile fundamentale ale calculului tensorial au fost degajate încetul cu încetul din studiile asupra staticii mediilor continue întreprinse de numeroşi fizico-matematicieni ai

secolului al XIX-lea, începînd cu Green, Cauchy și Navier și continuînd cu Kirchhoff, Neumann, Beltrami, W. Thomson, Gibbs și Voigt. Dezvoltarea diferitelor ramuri ale fizicii matematice a arătat, chiar mai înainte ca algoritmul să fi fost complet explicitat și definit, că tensorii interveneau alături de vectori în cea mai mare parte a problemelor de fizică. Teoria invarianților a procurat elementele necesare creării calculului tensorial, pentru care unul dintre obiective este acela de a studia transformările suferite de componentele tensorilor cu ocazia schimbării sistemelor de coordonate și de a le deduce invarianții. Studiul formelor multiliniare cu mai multe serii de variabile „cogradiente" sau „contragradiente" este de altminteri echivalent cu studiul tensorilor.

Influența lui Riemann a contribuit și ea la crearea analizei tensoriale. Noțiunea de curbură a spațiului într-un punct în direcția unui element plan dat, introdusă în memoriul său din 1854 asupra ipotezelor fundamentale ale geometriei, corespunde ideii implicite a unui tensor de curbură. Acest aspect a fost explicitat atunci cînd s-a creat calculul diferențial absolut a lui G. Ricci (1884), fundamentat — ca urmare a lucrărilor lui Christoffel (1869) — pe studiul sistematic al formelor diferențiale pătratice. Memoriul celebru al lui G. Ricci și al unuia dintre discipolii lui, T. Levi Civita (*Méthodes du calcul diferential absolu*, „Mathematische Annalen", 1901), a dovedit eficacitatea aplicării calculului tensorial la geometria diferențială. Interesul pe care îl prezintă acest calcul urma să reiasă și mai evident atunci cînd Einstein și ceilalți fizicieni relativiști au găsit în el instrumentul matematic cel mai bine adaptat lucrărilor lor. Începînd de atunci, calculul tensorial va cunoaște o dezvoltare rapidă și va pătrunde treptat în învățămînt.

4. Primele lucrări de logică matematică

Una din contribuțiile însemnate ale secolului al XIX-lea a fost aceea că, odată cu studiul din ce în ce mai temeinic al fundamentelor matematicii, a făcut un efort de sistematizare a logicii, etapă indispensabilă pentru axiomatizarea și formalizarea matematicii și pentru crearea logicii simbolice și a metamatematicii.

Leibniz încercase încă din secolul al XVII-lea să extindă limitele logicii clasice și să abordeze studiul mulțimii operațiilor logice ale spiritului prin analiza formelor limbajului și ale gîndirii științifice.

În unul din primele sale studii *Dissertatio de arte combinatoria* (Leipzig, 1666), Leibniz anunță „o metodă generală după care toate adevărurile rațiunii ar fi reduse la un fel de calcul", împreună cu „un fel de limbaj sau de scriere universală (în care) simbolurile și cuvintele ar îndruma rațiunea".

Acest proiect de „caracteristică universală" care stabilea primele principii ale axiomaticii şi ale logicii simbolice moderne n-a avut decît puţin răsunet. Chiar dacă un ecou al acestor preocupări se găseşte în anumite scrieri ale lui J.-H. Lambert sau ale lui Condorcet, totuşi adevăratele baze ale logicii matematice nu au fost puse decît spre mijlocul secolului al XIX-lea.

Este adevărat că începînd cu prima jumătate a secolului al XIX-lea se manifestă în diferite domenii ale matematicii o grijă mai pronunţată pentru rigoare, şi în consecinţă pentru logica formală. Acesta este în special cazul analizei matematice în care — prin Bolzano, Cauchy, Abel şi Dirichlet — se face un mare efort de introducere a rigurozităţii, care va conduce în cea de a doua jumătate a secolului la aritmetizarea matematicii lui Kronecker şi la teoria mulţimilor a lui Cantor. În acelaşi timp, progresele teoriei numerelor şi introducerea congruenţelor, elaborarea teoriei grupurilor, primele dezvoltări ale teoriei invarianţilor, crearea geometriei proiective, începuturile geometriilor neeuclidiene, introducerea vectorilor şi a cuaternionilor etc., pregătesc calea spre reconsiderarea întregului edificiu matematic, bazată pe lărgirea noţiuni de algebră, pe o analiză mai temeinică a principiilor şi pe aprofundarea structurii proprietăţilor şi a notaţiilor algebrice. Totuşi, chiar dacă aceşti factori anunţau prin însăşi convergenţa lor logificarea inevitabilă a matematicii, doar o minoritate de algebrişti a întrevăzut amploarea reformei care se pregătea şi a avut curajul să facă îndrăzneaţa încercare de a coordona matematica şi logica.

Mişcarea aceasta s-a manifestat în modul cel mai evident şi cu cel mai mare succes în Anglia. Deşi a început să ia amploare în jurul anului 1850 odată cu publicarea lucrărilor fundamentale ale lui Morgan şi ale lui Boole, mişcarea se născuse de fapt cu un sfert de secol mai devreme, atunci cînd Peacock, Babbage şi J. Herschel începuseră să pună accentul pe fundamentul logic al matematicii, şi în special pe caracterul de abstractizare al operaţiilor algebrice[5].

În opera lui Augustus de Morgan (1806—1870), matematician cu o gîndire foarte originală, apare pentru prima dată cu toată claritatea dubla preocupare de a prezenta logica sub o formă matematică şi de a analiza din punct de vedere logic mulţimea simbolurilor, operaţiilor şi legilor matematice, prin eliberarea de servitutea tehnicilor operatorii (*Formal Logic*, 1847; *Trigonometry and Double Algebra*, 1849). George Boole (1815—1864), contemporan cu Morgan, a dat acestui dublu curent de cercetări un impuls hotărîtor prin două lucrări fundamentale: The *Mathematical Analysis of Logic*... (1847) şi *The Laws of Thought* (1854) care au făcut din el creatorul logicii simbolice moderne.

[5] Anumiţi matematicieni francezi, printre care Arbogast, Servois şi în special Gergonne, au iniţiat la începutul secolului al XIX-lea o acţiune interesantă în această direcţie prin definirea unor anumite proprietăţi operatorii şi prin introducerea mai multor moduri de calcul simbolic. Merită de asemenea să fie citat aportul lui Bolzano (*Wissenschaftslehre*, 1837).

„Obiectul acestui tratat, scrie el în prefața lucrării *The Laws of Thought*, este acela de a studia legile fundamentale ale operațiilor spiritului prin intermediul cărora se realizează judecata logică, de a le exprima în limbajul simbolic al calculului și de a construi pe această bază știința logicii, elaborîndu-i metoda pentru a face din ea baza unei metode generale de aplicare a unei doctrine matematice a probabilităților și pentru a deduce din diferitele elemente adunate în cursul acestor cercetări cîteva informații probabile asupra naturii și structurii spiritului uman".

În acest scop Boole, care, anticipînd asupra viitorului, operează cu mulțimi, reduce logica la un calcul propozițional, adică la algebra booleană, un tip de algebră simplu și comod, copiată totuși oarecum prea îndeaproape după modelul clasic. Sub influența lui Boole, se formează o școală de logică simbolică care pregătește unificarea treptată a logicii și a matematicii. În timp ce de Morgan (prin 1858—1860) și W.S. Jevons (în 1864) popularizează și desăvîrșesc principiile algebrei booleene, logicianul american C.S. Peirce (1839—1914) îndrumează simbolismul „algebrei logicii" pe o cale mai potrivită aplicațiilor matematice. În afară de voluminoasele lucrări de sinteză ale lui E. Schröder (*Algebra der Logik*, 1877; *Vorlesungen über die Algebra der Logik*, 3 vol. 1890) trebuie să mai semnalăm erudiția și incontestabilele talente de logician ale lui H. Hankel (1839—1873) care a enunțat importantul „principiu de permanență" al legilor formale de calcul, prevăzut deja de Peacock.

Într-o serie de lucrări (1879; 1884; 1893—1903) asupra bazelor aritmeticii, F.L. Gottlob Frege (1848—1925) a analizat conceptele logicii, introducînd în special, pe lîngă variabilele clasice, variabile proporționale și străduindu-se să transcrie mulțimea proprietăților aritmetice cu ajutorul „scrierii conceptuale" (*Begriffsschrift*), inventată de el. Influența lui Frege, redusă pe timpul acela din cauza complexității simbolismului său, s-a exercitat în mod fecund în secolul al XX-lea,prin intermediul lucrărilor lui B. Russell și ale lui A.N. Whitehead.

Datorită cunoașterii curentelor celor mai noi din cercetarea matematică, Giuseppe Peano (1838—1932) a contribuit în mod eficient la logificarea matematicii. El a publicat în 1888 o excelentă prezentare a calculului geometric al lui Möbius și Grassmann, precedată de o expunere de logică simbolică, inspirată din opera lui Schröder și din metodele algebrei și ale calculului geometric. „Rivista di Matematica", pe care a întemeiat-o în 1891, i-a dat posibilitatea să adune în jurul lui o echipă de discipoli talentați, ca Burali-Forti, Pieri, Vacca, Vivanti, Padoa, Fano ș.a., care l-au ajutat la pregătirea lucrării *Formulaire de mathématique* (5 vol., Torino, 1895—1905), o culegere a principiilor logicii și a rezultatelor esențiale realizate în diferitele ramuri ale matematicii, transcrise într-un limbaj formalizat cu ajutorul unui simbolism ingenios și comod. Chiar dacă influența operii lui G. Peano a fost compromisă din cauza anumitor exagerări, ea s-a manifestat mai tîrziu în mod fericit, numeroase din notațiile sale fiind adoptate în limbajul formalizat actual. Prin faptul că au inspirat atît opera lui Hilbert, începînd de la *Grundlagen der Geometrie* apărută în 1899, precum și pe aceea a lui B. Russell și a lui A.N. Whitehead, ale cărui *Principia Mathematîca* (3 vol., Cambridge, 1910—1913) au declan-

şat strălucita dezvoltare actuală a logicii simbolice şi a metamatematicii, lucrările lui Frege şi ale lui Peano atestă, prin orientările lor originale, importanţa pe care au căpătat-o începînd cu sfîrşitul secolului al XIX-lea lucrările de logică matematică, iniţiate cu 50 de ani în urmă de Boole.

B. MAI MULTE TIPURI DE GEOMETRII

La începutul secolului al XIX-lea, o parte din tînăra şcoală matematică franceză s-a îndreptat, sub influenţa lui Monge, spre studiul diferitelor ramuri ale geometriei: pură sau sintetică, analitică, infinitezimală. Dar în timp ce în opera lui Monge aceste concepţii diferite se întrepătrundeau, permiţînd cuprinderea diverselor aspecte ale problemelor studiate, cea mai mare parte a urmaşilor lui şi-au limitat eforturile doar către unul dintre aceste aspecte. Din această cauză, evoluţia dezvoltării geometriei în cursul secolului al XIX-lea a fost îndrumată de mai multe şcoli concurente, şi cîteodată, chiar rivale. Din Franţa, această mişcare de reînnoire s-a extins mai întîi în Germania şi în Italia, apoi în Anglia şi în alte ţări, luînd forme variate şi reacţionînd în mod diferit la dezvoltarea paralelă a disciplinelor algebrice şi analitice.

1. Dezvoltarea geometriei sintetice

REÎNNOIREA GEOMETRIEI PURE. Dezvoltarea geometriei pure sau sintetice a fost deosebit de strălucită în prima jumătate a secolului al XIX-lea. Caracterizată prin dezvoltarea rapidă a geometriei proiective şiprin introducerea din ce în ce mai largă a transformărilor geometrice, geometria pură a stîrnit la unii dintre promotorii ei speranţa de a întemeia o disciplină autonomă, independentă de orice suport analitic.

Această nouă trezire la viaţă începe prin redescoperirea geometriei proiective, ale cărei principii, stabilite în 1639 de către Desargues, fuseseră practic uitate. Cu toate că era orientată spre aplicaţiile proiecţiei cilindrice, *Geometria descriptivă* a lui Monge a jucat un rol esenţial în această direcţie. Studiul perspectivei şi acela al polarităţii, schiţate de Monge (vezi vol. II, pp. 484—485) şi reluate pe aceeaşi linie de idei de mai mulţi dintre discipolii lui, au dovedit în curînd eficacitatea acestor instrumente geometrice. Astfel, Brianchon demonstrează cu ajutorul polarităţii propoziţia corelativă a teoremei hexagonului lui Pascal (1806) şi tratează numeroase probleme referitoare la teoria proiectivă a conicelor (1817), subiect studiat de asemenea şi de Dupin. Lucrările lui L. Carnot au contribuit şi ele — în paralel cu influenţa lui Monge — la această reînnoire a metodelor geometrice. Cu toate preferinţele lui Gergonne pentru geometria analitică, „Annales de mathématiques" a fost un puternic instrument de legătură între oamenii de ştiinţă, din ce în ce mai numeroşi, care se interesau de dezvoltarea geometriei sintetice.

PONCELET ŞI REDESCOPERIREA GEOMETRIEI PROIECTIVE. Un fost elev al Şcolii politehnice, Jean-Victor Poncelet (1788—1867), a ocupat în curînd o poziţie centrală în aceste controverse. În timpul cît fusese prizonier în Rusia (1813—1814), Poncelet a pregătit bazele unei reforme adînci a geometriei. Originalitatea şi importanţa ideilor sale au reieşit în 1822, atunci cînd i-a fost publicată lucrarea *Traité des propriétés projectives des figures* despre care făcuse în 1820 o scurtă expunere în faţa Academiei de Ştiinţe.

Apariţia acestui tratat a însemnat adevărata naştere a geometriei proiective, adică a studiului proprietăţilor geometrice care se conservă prin proiecţie centrală sau prin perspectivă. Metodele fundamentale ale acestei discipline constau din folosirea generalizată a perspectivei şi a secţiunilor plane, din studiul diferitelor transformări geometrice şi din introducerea sistematică a elementelor la infinit şi a elementelor ideale (imaginare).

Această din urmă inovaţie, pe care Poncelet a realizat-o cu ajutorul celebrului principiu de continuitate enunţat de el, i-a atras criticile lui Cauchy care i-a contestat fundamentele logice. De fapt, bazele riguroase şi cîmpul de aplicaţie ale acestui principiu, care decurg din principiul *analitic* al prelungirii identităţilor algebrice, au fost precizate în 1866 de către Chasles şi Jonquières. Mai citǎm în mod special introducerea de către Poncelet a punctelor ciclice (puncte la infinit imaginare, comune tuturor cercurilor dintr-un plan), precum şi a ombilicalei (conică la infinit imaginară, comună tuturor sferelor).

Cu toată rezerva analiştilor, tratatul lui Poncelet a stîrnit un viu interes, iar geometria proiectivă s-a constituit rapid ca o ramură autonomă geometriei, înzestrată cu metode proprii. Transformarea prin polare reciproce (polaritatea), introdusă de Poncelet, a fost generalizată sub denumirea de corelaţie. Simetria dintre punct şi dreaptă (sau plan) care apare în această metodă a căpătat o formă mai generală în principiul dualităţii, a cărui semnificaţie a fost precizată de Poncelet, Gergonne, Chasles, Möbius şi Plücker. Acest principiu, care stă la baza teoriei clasice a polilor şi a polarelor a devenit un instrument important de descoperire. Folosirea largă de către Poncelet a transformărilor geometrice: proiecţie cilindrică sau centrală, omologie, polaritate etc., cu scopul de a reduce anumite proprietăţi la cazuri mai simple (de exemplu, deducerea proprietăţilor conicelor din proprietăţile cercului), a condus la studiul unor tipuri variate de transformări.

STEINER, CHASLES ŞI DOCTRINA PROIECTIVĂ. Impresionantul efort făcut de Poncelet pentru demonstrarea priorităţii metodelor geometriei pure a fost continuat de diferiţi discipoli ai săi, din care unii s-au străduit să creeze o doctrină autonomă, concurentă geometriei analitice, lipsindu-se de orice sprijin aparent al analizei.

Lucrarea *Barycentrische Calcul* (1827) a lui A.F. Möbius (1790—1868), deşi analitică în esenţa ei, aduce numeroase inovaţii importante. În ea este folosită orientarea sistematică a segmentelor, a suprafeţelor şi a volumelor, sugerată deja de Monge. De asemenea, este folosit pe scară largă conceptul de raport

anarmonic, cunoscut încă de Pappus și reintrodus de Brianchon și de Poncelet. Insistînd asupra caracterului proiectiv al acestui concept, Steiner și Chasles vor face din el o noțiune de bază a noii geometrii. Möbius introduce de asemenea noțiunea generală de transformare omografică, și împreună cu Chasles, arată că această transformare include, drept cazuri particulare, deplasările, similitudinile și afinitatea, și că două plane în corespondență omografică pot fi plasate în perspectivă.

Doctrina proiectivă s-a constituit însă cu adevărat prin Steiner și Chasles. Geometrul elvețian Jakob Steiner (1796—1863), care a făcut o carieră profesorală strălucită în Germania, este autorul progreselor celor mai importante. Introducerea de către Poncelet a elementelor de la infinit precum și a metodei proiecțiilor și secțiunilor îl conduce pe Steiner să definească, în lucrarea *Systematische Entwickelung...* (1832), în spațiul proiectiv (spațiul geometriei elementare, completat cu elementele de la infinit) șase forme fundamentale, clasate în trei spețe. El arată că se poate trece de la o formă la alta a unei aceleiași spețe, dacă este satisfăcută o condiție numită de proiectivitate, care va fi pusă sub formă generală de Staudt (1847). Plecînd de la aceste forme, Steiner sistematizează metodele de generare proiectivă a figurilor folosită și mai înainte de diferiți autori în cazuri particulare. Astfel, el definește conicele fie prin intersecția razelor omoloage a două fascicule omografice, fie sub formă tangențială. Chasles, care l-a întrecut pe Steiner din anumite puncte de vedere, a contribuit activ la răspîndirea acestor metode concrete și simple. Generalizîndu-și procedeul și extinzîndu-l la multiplicități de ordin mai ridicat, Steiner a realizat în continuare construcții de curbe și de suprafețe de grade superioare. La această operă au contribuit diverși savanți, ca Chasles, Seydewitz, Cremona, Schröter, care au căutat totuși să disimuleze uneori ajutorul de netăgăduit pe care îl aducea dezvoltarea paralelă a geometriei analitice, a teoriei formelor algebrice și a invarianților. Steiner a dezvoltat prin metode geometrice teoria polarelor curbelor algebrice, introdusă analitic de Bobillier și de Plücker (*Vorlesungen über synthetische Geometrie*, 2 vol., Leipzig, 1867).

Opera lui Michel Chasles (1793—1880), paralelă cu aceea a lui Steiner, a contribuit în mod strălucit la avîntul și difuzarea geometriei proiective. În afară de numeroase memorii, lui Chasles i se datorește o serie de lucrări importante ca *l'Aperçu historique...* (1837), o prezentare remarcabilă a istoriei geometriei, completată cu două studii asupra principiilor geometriei proiective, *Traité de géométrie supérieure* și *Traité de sections coniques*, în care noile metode de geometrie sintetică sînt aplicate în modul cel mai larg și mai elegant.

Mai trebuie semnalată, de asemenea, folosirea sistematică de către Chasles a principiului semnelor și al imaginarelor, îndemînarea cu care folosește transformările cele mai diferite la studiul pur geometric al unor probleme dificile, ca atracția elipsoizilor, cuadricele omofocale, geodezicele elipsoidului, suprafețele riglate de ordinul trei etc., precum și celebrul său principiu al corespondențelor.

STAUDT ȘI AXIOMATIZAREA GEOMETRIEI PROIECTIVE. Cu toată eleganța și forța metodelor sale și în pofida importanței rezultatelor obținute, în geometria proiectivă mai persistau totuși unele dificultăți pe care geometria analitică era pe cale să le învingă: folosirea noțiunilor metrice în definirea elementelor proiective, o insuficientă justificare a folosirii elementelor imaginare, recurgerea deghizată la metoda coordonatelor și stîngăcia anumitor demonstrații.

Pentru a învinge aceste piedici, Ch. von Staudt (1798—1867) s-a străduit să reconstituie ansamblul geometriei proiective, făcînd abstracție de orice noțiune metrică (unghi, distanță etc.) și folosind numai axiomele privind poziția sau ordinul elementelor fundamentale.

În lucrarea sa, *Geometrie der Lage* (1847), Staudt se limitează la domeniul real. După ce abordează problema proiectivității, el definește raportul anarmonic, proiectivitățile și conicele, reconstruind astfel o parte din geometria proiectivă clasică. În *Beiträge zur Geometrie der Lage* (1856—1860), Staudt definește elementele imaginare drept elemente duble de involuție eliptică și arată că ele satisfac axiomele fundamentale. Datorită „teoriei jeturilor", el introduce noțiunile de ordine și de sens și, prin stabilirea principiului și a regulilor de calcul al coordonatelor, identifică domeniul geometriei proiective cu acela al geometriei analitice.

În decursul deceniilor următoare, geometria proiectivă a cunoscut un succes strălucit, lucru pe care îl dovedește publicarea unor manuale, cum au fost acelea ale lui Reye (1868), Cremona (1873, traducere franceză 1875) etc.

Opera lui Staudt a făcut obiectul unor analize critice amănunțite din partea a numeroși geometri. Astfel, între 1870 și 1874, Klein i-a adus importante completări, arătînd necesitatea ca la postulate să se adauge axioma continuității, demonstrînd independența geometriei proiective de postulatul paralelelor, stabilind imposibilitatea demonstrării teoremei triunghiurilor omoloage a lui Desargues și aceleia a hexagonului lui Pascal în geometria proiectivă plană, determinînd locul geometriei proiective în cadrul edificiului geometric, inițiind extinderea acestei științe la spațiile cu n dimensiuni etc. Au mai fost propuse și alte sisteme de axiome, cum a fost acela al lui H. Wiener, care este bazat pe axiomele de poziție și de ordine precum și pe teoremele de poziție (triunghiurile omologice și hexagoanele lui Pascal) și sistemul lui Enriques, mai apropiat de acela al lui Staudt.

GEOMETRIA ENUMERATIVĂ. Unul din obiectivele rezolvării unei probleme de construcție geometrică este și acela al determinării numărului soluțiilor ei. Problemele clasice de construcție a cercurilor i-au familiarizat pe geometri cu aceste cercetări, înrudite desigur cu problema algebrică a eliminării. Totuși, studiul exact al acestei probleme n-a fost atacat decît în secolul al XIX-lea de către Steiner, Plücker și de Jonquières cu ocazia tratării diferitelor probleme de determinare a conicelor și a curbelor algebrice.

În 1864, Chasles a propus o metodă nouă, numită „a caracteristicilor" care trebuia să permită tratarea problemelor de acest tip, precum şi determinarea pe cale pur geometrică a numeroaselor proprietăţi ale sistemelor de conice. Această metodă, bazată pe un „principiu de corespondenţă" între două serii de puncte ale aceleiaşi drepte şi care generaliza proiectivitatea, a avut un succes răsunător. Şi alţi matematicieni s-au străduit, odată cu Chasles, să expliciteze principiile acestei „geometrii enumerative", folosind-o la studiul diverselor probleme. În timp ce Halphen, Cayley şi Brill precizau condiţiile de aplicare a principiului corespondenţei, H. Schubert dezvolta noua doctrină în lucrarea sa *Kalkul der abzählenden Geometrie* (1879) unde folosea o axiomă complementară, „principiul conservării numărului", care a provocat atît aprobări entuziaste, cît şi critici înverşunate. Dacă numeroşi geometri admirau simplitatea aparentă a folosirii, generalitatea şi eleganţa geometriei enumerative, analiştii, printre care şi Hilbert, nu puteau admite să se recurgă la intuiţia geometrică şi la folosirea unor principii generale în condiţii de validitate prost precizate. În realitate, aşa cum au demonstrat Zeuthen, Giambelli, Severi şi Van der Waarden în secolul al XX-lea, geometria enumerativă nu poate fi creată decît cu ajutorul unor considerente de geometrie algebrică, de topologie şi de algebră modernă. Ceva mai mult, condiţiile de aplicare a acestei geometrii se dovedesc prea complicate atunci cînd este vorba de folosirea lor efectivă, încît să justifice iluziile pe care şi le făceau creatorii ei.

DIVERSE PROBLEME. Diferitele tipuri de probleme geometrice s-au bucurat de mare faimă în secolul al XIX-lea, şi cu toate că numărul şi diversitatea cazurilor tratate nu reflectau în general decît nişte mode trecătoare, totuşi unele din rezultatele obţinute au contribuit la dezvoltarea diferitelor ramuri ale matematicii.

Problemele de construcţii geometrice, cu ajutorul riglei şi al compasului, s-au bucurat de o atenţie deosebită încă din antichitate, fără totuşi ca natura lor intimă să fi fost lămurită. În 1837, P.L. Wantzel a arătat că orice problemă de acest tip corespunde unei ecuaţii a cărei rădăcină poate fi exprimată printr-un şir finit de operaţii elementare (adunări, scăderi, înmulţiri, împărţiri şi extrageri de rădăcini pătrate). Mai tîrziu, teoria grupurilor a permis ca acest criteriu să fie enunţat într-o formă mai comodă. Wantzel a arătat astfel că două probleme clasice ale antichităţii, dublarea cubului şi trisecţiunea unghiului, nu puteau fi rezolvate în forma lor generală cu ajutorul riglei şi al compasului, fiindcă soluţia lor implică rezolvarea unei ecuaţii de gradul trei. Acelaşi lucru se poate spune şi despre problema cvadraturii cercului, fapt care n-a fost stabilit decît în 1882, cînd Lindemann a dovedit transcendenţa lui π.

O altă problemă de acelaşi tip este aceea a împărţirii cercului sau a înscrierii într-un cerc a unui poligon regulat cu n laturi, problemă legată de teoria funcţiilor trigonometrice şi de rezolvarea algebrică a ecuaţiei binome $x^n - 1 = 0$. Încă de pe timpul lui Euclid se credea că singurele valori pentru care construcţia este posibilă sînt de forma 2^m, $2^m \times 3$, $2^m \times 5$ şi $2^m \times 15$. Urmînd o cale deschisă de Vandermonde

(vezi vol. II, pp. 473, 476), Gauss a redeschis în prima sa lucrare (1796) această problemă, arătînd posibilitatea de a se înscrie într-un cerc un poligon regulat cu 17 laturi. În *Disquisitiones arithmeticae*, el a făcut teoria ecuației binome arătînd că dacă n este prim, problema nu este posibilă decît dacă n este de forma $2h + 1$, în care k este egal cu o putere a lui 2.

De problema construcției cu ajutorul riglei și al compasului se leagă și alte moduri de construcție. Unul din cele mai vestite este construcția numai cu ajutorul compasului, luată în studiu de G. Mohr în 1672 și reluată apoi de L. Mascheroni (*Geometria del compasso*, 1797; traducere franceză 1798). Acesta din urmă a dovedit că toate problemele ce pot fi rezolvate cu rigla și compasul pot fi rezolvate și numai cu ajutorul compasului. Bonaparte însuși a atras atenția la Institut de France asupra operei lui Mascheroni și a propus problema numită „a lui Napoleon": împărțirea în patru părți egale a unui cerc cu ajutorul compasului. Poncelet (în 1822) și Steiner (*Die geometrischen Konstruktionen, ausgeführt mittelst der geraden Linie und eines festen Kreises*, Berlin, 1833) au demonstrat că toate problemele care pot fi rezolvate cu ajutorul riglei și al compasului pot fi rezolvate fie cu ajutorul unei rigle și al unui compas cu deschiderea dată (procedeu studiat deja de Abū-l-Wafā, Cardan, Tartaglia, Benedetti, Lambert și Brianchon), fie cu ajutorul unei rigle și al unui cerc fix, din plan. Folosirea unei rigle cu două muchii paralele sau a unui echer etc. permite și ea aceleași construcții. În ceea ce privește construcțiile care nu folosesc decît rigla, de care s-au ocupat la începutul secolului Mascheroni, Servois, Brianchon și Gergonne, studiul lor a contribuit la dezvoltarea teoriei transversalelor și la crearea geometriei proiective cu care aceste construcții au o strînsă legătură.

Interesul pe care Steiner l-a manifestat pentru construcțiile geometrice l-a îndemnat să caracterizeze diferitele construcții referitoare la aceeași problemă cu scopul de a stabili care din ele sînt cele mai comode sau cele mai precise (1833). Studiul acestei chestiuni a fost reluat de Ch. Wiener și apoi de E. Lemoine care a stabilit — într-un mod mai degrabă sistematic decît eficace — coeficienții de simplicitate și de exactitate ai fiecărei construcții în parte, creînd chiar termenul de geometrografie pentru a denumi această metodă (1888).

Studiul problemelor referitoare la triunghiuri și la cercuri, de care s-a ocupat în secolul al XVIII-lea Euler și Wallace, a pasionat numeroși geometri de la începutul secolului al XIX-lea, de la Malfatti, Gergonne, Poncelet, Crelle, Feuerbach (1822) și pînă la Steiner. Începînd din 1873, Lemoine și Brocard, urmați de numeroși discipoli, au creat o adevărată „geometrie a triunghiului". Acest domeniu pitoresc, cu o cartografie complexă, a început să fie împodobit în curînd cu puncte, drepte, cercuri, curbe și cu teoreme purtînd nume mai mult sau mai puțin ilustre. Dacă exceptăm însă cîteva enunțuri elegante și anumite virtuozități de demonstrație, trebuie să constatăm că domeniul acesta nu face de cele mai multe ori decît să apeleze la erudiție sau la artificiu, fără să abordeze problemele fundamentale dintr-un punct de vedere general.

În afara unor ramuri speciale, ca de exemplu geometria enumerativă şi teoria transformărilor, despre care se va vorbi mai departe, geometria sintetică clasică nu va mai cunoaşte dezvoltări spectaculoase în cursul celei de-a doua jumătăţi a secolului al XIX-lea, toate eforturile ei îndreptîndu-se în esenţă spre revizuirea principiilor şi a structurii sale.

Este adevărat că pe timpul acela geometria analitică crease, folosindu-se de progresele algebrei liniare, o teorie care făcea concurenţă metodelor uniforme, bazate pe principii analitice solide. Părăsind poziţia prea exclusivistă a lui Steiner, Chasles şi Staudt şi renunţînd la speranţa utopică într-o geometrie „pură", complet autonomă, numeroşi geometri nu au avut curajul să recurgă la resursele algebrei şi ale analizei. Aceasta explică de ce ambiţiosul studiu asupra unei teorii pur geometrice a curbelor şi a suprafeţelor algebrice de ordin superior al lui Kötter (1887) n-a stîrnit decît curiozitate. După un secol de rivalitate vie între cele două concepţii opuse ale cercetării geometrice, geometria sintetică se înfăţişează spre sfîrşitul secolului al XIX-lea într-un declin evident, cu toată dezvoltarea remarcabilă de care se bucurase. Chiar dacă ea continuă să deţină un loc de primă importanţă în edificiul matematic şi chiar dacă valoarea ei pedagogică şi estetică rămîne în afara oricărei discuţii, forţa ei de inspiraţie pare să fie secătuită. Secolul al XX-lea va ratifica această decadenţă, compensată, este adevărat, de strălucitul avînt al geometriei algebrice.

2. Geometriile neeuclidiene şi problema fundamentelor geometriei

Lucrările critice întreprinse în secolul al XVIII-lea — în special de către Saccheri şi Lambert (vezi vol. II, p. 483) cu scopul de a adînci semnificaţia celebrului postulat al paralelelor — arătaseră că existau trei direcţii posibile: una bazată pe o ipoteză echivalentă postulatului şi conducînd la geometria clasică şi altele două, bazate pe respingerea din puncte de vedere contrarii a acestui postulat, poziţie care trebuia să ofere mai tîrziu posibilitatea edificării geometriilor neeuclidiene. Saccheri conchidea că ultimele două ipoteze erau absurde, în timp ce Lambert, mai prudent, arăta că ele se confirmau atunci cînd erau studiate proprietăţile figurilor situate pe o sferă obişnuită sau pe o sferă cu rază imaginară. Începînd cu ultimii ani ai secolului, Legendre a abordat şi el această problemă dificilă care compromitea, prin simpla ei existenţă, eleganţa şi puritatea edificiului geometric. O perseverentă analiză critică i-a dat încetul cu încetul posibilitatea de a fixa locul şi rolul postulatului al V-lea sau al propoziţiilor echivalente cu el, cum ar fi aceea care afirmă că suma unghiurilor unui triunghi este egală cu suma a două unghiuri drepte.

Diferitele etape ale studiului pe care l-a făcut Legendre reies din ediţiile succesive ale *Geometriei* sale.

GAUSS, LOBACEVSKI, BOLYAI ŞI „GEOMETRIA HIPERBOLICĂ". Efortul pe care l-a făcut în aceeaşi direcţie Gauss este mai îndrăzneţ şi mai profund decît acela al lui Legendre. El a început să mediteze încă din 1792 asupra acestei

probleme care l-a pasionat toată viața, deși nu a publicat nimic în legătură cu ea. În 1799 Gauss a afirmat că stăpînește principiile unei geometrii noi, bazată pe ipoteza existenței unei infinități de paralele care pot fi duse la o dreaptă dintr-un punct exterior, adică principiile unui prim model de geometrie neeuclidiană pe care Klein o va numi geometrie hiperbolică. În 1816, această poziție se afirmă și mai clar. Cu toate că prezentarea lor era lipsită de precizie, el își arată prețuirea față de anumite idei ale lui F.K. Schweikart care, în 1819, susținea coerența logică a unei geometrii independente de postulatul paralelelor, precum și față de ideile lui F.A. Taurinus care a dezvoltat, între 1825—1826, formulele trigonometriei pe o sferă cu rază imaginară.

Chiar pe vremea în care Gauss termina punerea la punct a sistemului său de geometrie neeuclidiană, doi tineri geometri, practic necunoscuți și locuind departe de centrele științifice active, Nicolae I. Lobacevski (1792—1856) și János Bolyai (1802—1860), făceau aceeași descoperire și se străduiau în zadar s-o facă cunoscută.

Lobacevski, profesor la Universitatea din Kazan, a supus în 1826 judecății colegilor săi o primă expunere asupra „geometriei hiperbolice" pe care el o denumea „geometrie imaginară", bazată pe respingerea postulatului paralelelor și pe ipoteza că suma unghiurilor unui triunghi rectiliniu este mai mică decît suma a două unghiuri drepte. Devenit rector al universității în 1828, el a prezentat într-o revistă locală principiile noii sale geometrii, precum și diferite aplicații (trigonometrie hiperbolică, geometrie infinitezimală, analiză etc.). Cu toate că inițiativa lui nu s-a bucurat de prețuirea necesară, Lobacesvki și-a continuat cu perseverență eforturile, dezvoltîndu-și ideile într-o serie de memorii publicate între anii 1835 și 1838 în revista științifică a Universității din Kazan. Din dorința de a lua contact cu cercul geometrilor occidentali, el a publicat două expuneri elementare, una în limba franceză (*Géométrie imaginaire*, în „Journal", editat de Crelle, vol. 17, 1837) și o alta în limba germană (*Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien*, Berlin, 1840). Se pare că aceste texte nu au fost înțelese și apreciate decît de Gauss care, din nefericire, nu și-a exprimat în mod public aprobarea. Lobacevski a făcut un ultim efort, publicînd un studiu de ansamblu, *La Pangéométrie* (1855, traducere în limba franceză în 1856), dar a murit fără să-și vadă recunoscute meritele.

Cam la fel s-a întîmplat cu tînărul său rival János Bolyai care, încă din 1823, îl înștiința pe tatăl său, Farkas Bolyai, că a conceput o nouă teorie a paralelelor. După ce a pus-o la punct, el și-a publicat teoria într-un modest supliment (*Appendix scientiam spatii absolute veram exhibens*, 28 p.) la un manual al tatălui său (2 vol., Tîrgu Mureș, 1832—1833). Deși foarte originală ca prezentare, această „geometrie absolută" era echivalentă în principiile ei cu geometria hiperbolică a lui Gauss și a lui Lobacevski. F. Bolyai trimise lucrarea fiului său lui Gauss care recunoscu că ea prezintă interes, arătînd însă că exprimase și el aceleași idei cu multă vreme înainte. Această declarație de prioritate îl descurajează pe tînărul Bolyai care renunță de atunci să mai publice ceva.

INTERVENŢIA LUI RIEMANN. Atunci cînd cei trei creatori ai geometriei hiperbolice dispăruseră: Gauss în 1855, Lobacevski în 1856 şi Bolyai în 1860, opera lor de o atît de mare originalitate era practic necunoscută. Însă concepţiile lor, deocamdată insuficient de bine fundate, urmau să pună în curînd o serie de probleme dificile, al căror studiu a condus la revizuirea în întregime a edificiului geometriei clasice.

Punctul de plecare al acestei revoluţii a fost celebra teză a lui Bernhard Riemann (1826—1866), *Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*, care, deşi a fost prezentată în 1854, nu a fost publicată decît în 1868 (traducerea franceză în 1870). În această lucrare de cea mai mare importanţă, Riemann introduce spaţii foarte generale (vezi p.55) prin definirea pătratului elementului liniar ds^2 şi face apel în acest scop la cel de-al doilea tip de geometrie neeuclidiană, care corespunde cazului în care suma unghiurilor unui triunghi este mai mare decît suma a două unghiuri drepte, şi care se bazează de fapt pe două ipoteze, una prin care se neagă posibilitatea de a se duce o paralelă la o dreaptă printr-un punct exterior, iar cealaltă prin care se părăseşte concepţia infinităţii dreptei. Această „geometrie eliptică", introdusă explicit de Klein în 1871, este *a priori* mai surprinzătoare decît aceea a lui Gauss, Lobacevski şi Bolyai, ceea ce explică de ce aceşti geometri n-o luaseră în considerare, deşi ea corespundea unuia din cazurile prevăzute de Saccheri şi Lambert.

RĂSPÎNDIREA GEOMETRIILOR NEEUCLIDIENE. După ce scrierile lui Lobacevski şi ale lui Bolyai, precum şi teza lui Riemann rămăseseră pînă atunci fără nici un ecou, în cîţiva ani, din 1866 şi pînă în 1871, geometriile neeuclidiene se bucurară de o răspîndire largă şi de diverse propuneri de interpretare şi de motivare.

În 1866, J. Hoüel făcu cunoscute în Franţa lucrările lui Lobacevski şi ale lui Bolyai, pentru ca puţin timp după aceea, Battaglini şi Clifford să îndeplinească aceeaşi misiune în Italia şi în Anglia. În 1868 Beltrami, urmînd exemplul lui Riemann, publică o interpretare a geometriei hiperbolice cu două dimensiuni pe o suprafaţă de revoluţie cu curbură negativă constantă (pseudosfera).

Dezvoltările ulterioare ale geometriilor neeuclidiene au depins în parte de lucrările dedicate spaţiilor abstracte mai generale. Din acest punct de vedere, ele sînt influenţate atît de teoria spaţiilor lui Riemann şi de crearea topologiei, cît şi de progresul teoriei grupurilor şi de aplicaţiile acestora în fizica matematică.

Una din problemele esenţiale era aceea de a se confirma valoarea logică a acestor geometrii. Independenţa celui de-al V-lea postulat de axiomele care îl preced era un fapt negativ, care, după părerea unora, putea da naştere la discuţii. Mai convingătoare era concepţia lui Lobacevski, bazată pe coerenţa de ansamblu a trigonometriei hiperbolice, sau interpretarea geometriilor neeuclidiene cu două dimensiuni pe suprafeţe cu curbură constantă.

În 1871, Klein, constatînd că această reprezentare nu se aplică decît unei părți a planului, aduce o dovadă decisivă demonstrînd că cele trei tipuri de geometrii puteau fi eonccpute, ca și geometria proiectivă, cu ajutorul definiției date de Cayley metricei asociate unei conici fundamentale (sau absolute). Din această concepție derivă calificativele de geometrie parabolică (euclidiană), hiperbolică sau eliptică. Aceste considerații au fost extinse apoi la spațiul cu trei dimensiuni. Mai atragem de asemenea atenția asupra remarcabilei interpretări a geometriei hiperbolice cu două dimensiuni dată de H. Poincaré prin lucrările sale asupra funcțiilor fuchsiene.

Pînă atunci toți matematicienii admiteau, mai mult sau mai puțin direct, că geometria clasică exprima caracterele intuitive ale spațiului nostru și descria proprietățile spațiului concret, sediul fenomenelor fizice. Era necesar acum să se știe care geometrie corespundea de fapt spațiului nostru fizic. În principiu, era suficient ca în acest scop să se verifice dacă suma unghiurilor unui triunghi este sau nu egală cu suma a două unghiuri drepte. Cu toate că măsurătorile geodezice și astronomice făcute de la Gauss încoace n-au dat posibilitatea să se descopere diferențe măsurabile, nimic nu dovedește că niște măsurători și mai precise n-ar putea da la iveală anumite abateri.

Helmholtz a fost influențat atît de ideile lui Riemann, de anumite doctrine filozofice cît și de propriile sale cercetări asupra opticii fiziologice. Încă din 1868, el a încercat ca printr-un articol de mare răsunet, *Thatsachen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*, să construiască geometria spațiului fizic cu ajutorul a patru postulate de origine experimentală, privind mișcările considerate ca transformări punctuale într-o regiune a spațiului. Deoarece regăsise în cercetările lui expresia ds^2 a lui Riemann, Helmholtz s-a gîndit să caracterizeze cu ajutorul ei geometria generală, euclidiană sau neeuclidiană, a spațiului. Klein a explicitat această concepție cu ajutorul teoriei grupurilor. În 1886, Lie și H. Poincaré au adus sistemului lui Helmholtz îmbunătățiri importante prin considerarea grupurilor generate de transformările infinitezimale. Hilbert a completat această concepție în lucrarea sa *Grundlagen der Geometrie*, apărută în 1899.

GEOMETRIA ȘI TEORIA GRUPURILOR. Sub influența lui Poncelet și a școlii proiective, transformările geometrice ocupaseră un loc din ce în ce mai mare în studiul unui mare număr de probleme. O apreciere exactă a rolului lor nu va putea fi făcută totuși decît în cea de a doua parte a secolului, ca urmare a studiului aprofundat al transformărilor proiective, precum și a aplicării invarianților și a teoriei grupurilor la interpretarea structurală a edificiului geometric.

Distincția, introdusă de Poncelet, între proprietățile descriptive (sau de poziție) și proprietățile metrice marchează primul efort de structurare, a cărui importanță este micșorată totuși de o anumită subestimare a rolului adevărat al punctelor ciclice. În 1853, Laguerre introduce un element nou, legînd măsura unui unghi de raportul anarmonic dintre laturile sale și două drepte izotrope avînd aceeași origine (dreptele care leagă vîrful unghiului cu punctele ciclice). Cayley (*Sixth Memoir on Quantics*, 1859) arată că proprietățile metrice ale unei figuri F sînt proprietățile proiective ale figurii F', formată din F și din punctele ciclice. Înlocuind aceste puncte, considerate drept

o conică degenerată tangenţial, printr-o conică oarecare (sau *absolută*), el a obţinut o metrică proiectivă generală, a cărei importanţă n-a putut însă s-o aprecieze din cauza orientării strict analitice a cercetărilor sale. Răspîndirea geometriilor neeuclidiene şi a lucrărilor lui Riemann i-a dat posibilitatea lui Beltrami (1868), şi în special lui Klein, să folosească metricele lui Cayley ca element de analiză a edificiului geometric şi de interpretare a geometriilor neeuclidiene.

Perfecta cunoaştere a teoriei invarianţilor şi vederile sale profunde asupra rolului teoriei grupurilor l-au condus pe Felix Klein (1849—1925) la o sinteză structurală foarte amplă. În celebra sa disertaţie inaugurală din 1872, cunoscută sub numele de *Programul de la Erlangen* (Vergleichende Betrachtungen über neuere geometrische Forschungen), el caracterizează diferitele teoreme din geometrie şi diferitele direcţii de cercetare prin grupurile de transformări care le corespund. Din cauză că fiecare geometrie este teoria invarianţilor unui grup particular de transformări, cele două curente, cel „sintetic" şi cel „analitic", ale cercetării geometrice apar ca două căi convergente care permit să se ajungă la acelaşi adevăr cu ajutorul a două limbaje diferite.

Structura de ansamblu a edificiului geometric corespunde structurii grupurilor de transformări: geometria euclidiană este studiul invarianţilor grupului metric, geometria proiectivă este studiul invarianţilor grupului liniar (grupul coliniaţiilor) etc., iar topologia reprezintă studiul invarianţilor grupului de transformări punctuale continue. Geometriile afină, algebrică sau diferenţială, îşi văd şi ele precizate obiectul şi limitele şi se constituie în discipline autonome.

Teoria grupurilor oferea astfel atît o sinteză de ansamblu a cercetărilor geometrice şi geometrico-algebrice întreprinse de la începutul secolului, cît şi o clasificare clară a diferitelor rezultate obţinute. *Programul de la Erlangen* s-a bucurat de un succes strălucit, iar influenţa lui s-a manifestat în diferitele domenii ale geometriei şi ale aplicaţiilor ei, începînd cu teoriile asupra naturii spaţiului, pînă la studiul poliedrelor regulate (*Vorlesungen über das Ikosaeder...* ale lui Klein, 1884) şi la cristalografia geometrică etc. Mare rival al lui Klein în aceste studii, Sophus Lie, s-a ocupat mai cu seamă de grupurile continue de transformări şi în special de transformările de contact, dintre care studiase un exemplu din 1870. Este vorba de celebra transformare a lui Lie, care transformă dreptele spaţiului ordinar în sfere.

FUNDAMENTELE GEOMETRIEI. Cu excepţia postulatului paralelelor, principiile geometriei euclidiene erau socotite, pînă la începutul secolului al XIX-lea, ca pe deplin satisfăcătoare, iar majoritatea obiecţiilor formulate în ceea ce priveşte prezentarea *Elementelor* erau mai mult de ordin pedagogic, decît logic.

În decursul secolului, revizuirea din ce în ce mai temeinică a fundamentelor analizei i-a deprins pe matematicieni cu o exigenţă sporită în ceea ce priveşte rigoarea. Această preocupare s-a intensificat în cea de a doua jumătate a secolului prin răspîndirea geometriilor neeuclidiene şi a teoriilor riemanniene, ceea ce a condus astfel la analiza critică a principiilor geometriei clasice şi a structurii ei de ansamblu.

S-a ajuns în felul acesta la o explicare clară a anumitor postulate, admise pînă atunci doar implicit: axioma continuității enunțată de G. Cantor și Dedekind, axioma lui Arhimede (vezi vol. I, p. 332) pusă în evidență de Stolz, axiomele de ordine semnalate de Gauss și de Grassmann, și apoi de M. Pasch. Acesta din urmă a pus accentul pe existența conceptelor primare pe baza cărora trebuie enunțate propozițiile fundamentale (sau postulatele) care servesc la demonstrarea logică a celorlalte propoziții sau teoreme (*Vorlesungen über neuere Geometrie*, 1882).

Între timp se făceau auzite diferite păreri cu privire la originea principiilor geometriei. Urmîndu-l pe Riemann, Helmholtz critica concepția cantiană a spațiului și afirma că propozițiile fundamentale ale geometriei erau de origine experimentală. Dimpotrivă, introducerea diferitelor spații, din ce în ce mai generale, îi conducea pe anumiți autori să considere orice geometrie drept o construcție obținută pe cale logică pe baza unui sistem de ipoteze, independent de orice imagine fizică sau psihologică. Acesta este de exemplu, punctul de vedere al lui Klein și al lui Poincaré asupra valorii convenționale a postulatelor.

De fapt, aceste două concepții se suprapun de cele mai multe ori, cel puțin în ceea ce privește geometria elementară. Intervenția teoriei grupurilor, folosită în mod strălucit de Klein, influența teoriei invarianților, aceea a logicii matematice și a încercărilor de axiomatizare a aritmeticii au contribuit și ele la orientarea eforturilor depuse, după exemplul lui Pasch, în direcția prezentării geometriei sub forma cea mai satisfăcătoare din punct de vedere logic. Este îndeajuns să reamintim axiomatizarea geometriei proiective și scoaterea în evidență de către Klein și Hilbert a rolului deosebit care revine teoremelor triunghiurilor omoloage ale lui Desargues și hexagonului lui Pascal. G. Peano, care în 1888 publicase o expunere asupra calculului geometric al lui Grassmann și asupra regulilor logicii deductive, s-a ocupat și el de principiile geometriei. El și-a îndreptat atenția asupra naturii elementelor folosite, s-a străduit să descompună postulatele în concepte elementare și apoi să restrîngă la maximum numărul lor, avînd grijă să le păstreze independența (*I principii di Geometria logicamente esposti*, 1889). La această axiomatizare a geometriei au participat activ diferiți discipoli ai lui, printre care M. Pieri, precum și C. Veronese care a elaborat prima geometrie nearhimedeană (1891).

În anul 1899, David Hilbert (1862—1943) a prezentat în *Grundlagen der Geometrie* o sinteză remarcabilă a rezultatelor obținute pînă atunci precum și a cercetărilor sale asupra fundamentelor geometriei.

Evitînd orice referire la imagini concrete, Hilbert introduce „trei sisteme de lucruri" pe care le numește puncte, drepte și plane. Aceste obiecte, de natură neprecizată, satisfac anumite relații exprimate prin 21 de axiome împărțite în cinci grupe: de apartenență (8), de ordine (4), de egalitate sau congruență (6), axioma paralelelor și axiome de continuitate (2). Îngrijindu-se în mod deosebit de independența și de non-contradicția acestor axiome, Hilbert dorea să facă din ele o bază suficientă pentru reconstruirea edificiului geometric numai cu ajutorul regulilor logicii și ale aritmeticii, fiecare din rezultatele obținute putînd fi tradus după voie fie în limbajul geometric clasic, fie în mod analitic.

Prin acest studiu de o rară precizie şi care a cunoscut un succes răsunător, Hilbert a devenit inspiratorul şcolii axiomatice a secolului al XX-lea. Amploarea operei la care se angajase era însă aşa de mare, încît nu se putea spera să se vadă rezolvate, chiar de la început, toate dificultăţile. În timp ce Hilbert aducea în ediţiile succesive ale vestitei sale *Grundlagen* (1899, 1903, 1909 etc.) diferite îmbunătăţiri prezentării sale iniţiale, numeroşi alţi matematicieni se înrolau şi ei în acest efort de axiomatizare care urma să se dezvolte în cursul secolului al XX-lea.

3. Reînnoirea geometriei analitice

Paralel cu măreţul progres al geometriei sintetice, geometria analitică cunoaşte şi ea o dezvoltare strălucită, marcată succesiv de preponderenţa şcolii franceze, de rolul dominant al lui Plücker, de intervenţia algebrei liniare, de introducerea geometriei riglate şi a spaţiilor cu n dimensiuni, precum şi de dezvoltarea paralelă a geometriei algebrice şi diferenţiale.

ŞCOALA FRANCEZĂ, DE LA MONGE LA BOBILLIER. Sub influenţa lui Monge, numeroşi geometri francezi au continuat în primele decenii ale secolului al XIX-lea opera de reînnoire a metodelor şi a conţinutului geometriei analitice. Expresia însăşi de „geometrie analitică", introdusă de Lacroix în 1797, a fost folosită, pentru prima dată în titlul unei lucrări, de către Lefrançois în 1804. Introducerea acestei ştiinţe în programele Şcolii politehnice a avut drept consecinţă publicarea lucrării *L'Application de l'Algèbre à la Géométrie* (1802), în care Monge şi Hachette prezentau numeroase rezultate noi în legătură cu transformarea coordonatelor şi cu clasificarea cuadricelor, precum şi a unei serii de manuale moderne de geometrie analitică plană (Lacroix, 1798; Puissant, 1801; Lefrançois, 1801; Biot, 1802 etc.) Numeroase memorii ale lui Brianchon, Livet, Dupin, Hachette, Dandelin, Gergonne, Cauchy, Lamé, Bobillier etc. tratează despre schimbările de axe de coordonate, despre proprietăţile curbelor şi ale suprafeţelor de gradul doi şi despre metodele generale ale geometriei analitice. În timp ce anumiţi autori se străduiesc, după exemplul lui Monge, să menţină o colaborare strînsă între metodele sintetice şi cele analitice, alţii încearcă să dovedească supremaţia acestora din urmă. Acesta este, de exemplu, cazul lui Gergonne care, cu ocazia construcţiei unui cerc tangent la trei cercuri date sau a unei sfere tangentă la patru sfere, afirmă că geometria analitică permite rezolvarea problemelor de construcţie în modul cel mai direct, mai simplu şi mai elegant.

L'Examen des différentes méthodes pour résoudre les problèmes de géométrie (1818) a lui G. Lamé (1795—1870) a adus două inovaţii importante: notaţia prescurtată (forma prescurtată a ecuaţiei unei curbe: $E=0$) şi principiul multiplicatorilor: curba sau suprafaţa $mE+m'E'=0$ trece prin toate punctele comune celor două curbe sau suprafeţe $E=0$ şi $E'=0$. Începînd din 1825, Gergonne se străduieşte ca principiul dualităţii, introdus mai înainte în geometria

pură, să joace un rol principal. Opera cea mai originală este aceea a lui E. Bobillier (1797—1832) care, urmînd calea deschisă de Lamé, introduce notații foarte apropiate de coordonatele triunghiulare sau tetraedrice și de coordonatele omogene.

EXTENSIUNEA CONCEPTULUI DE COORDONATE ȘI OPERA LUI PLÜCKER. Extensiunea conceptului de coordonate va căpăta însă adevărata ei dezvoltare și întreaga ei semnificație datorită școlii germane. Încă din 1827, Möbius, în *Barycentrische Calcul*, precum și K.W. Feuerbach precizează semnificația și modul de folosire a noilor notații ale lui Bobillier. Möbius scoate și el în evidență semnificația elementelor ideale ale lui Poncelet, dînd coordonatelor un sens pur aritmetic, fără a le mai da și unul geometric.

Principalul autor al reînnoirii metodelor geometriei analitice este Julius, Plücker (1801—1868) care și-a închinat mai mult de 20 de ani din viață acestei opere. Precizînd și folosind în modul cel mai larg, notația prescurtată, metoda multiplicatorilor, coordonatele triunghiulare și tetraedrice, precum și coordonatele omogene, el a dat conceptului de coordonate o semnificație foarte generală.

Primul tom (Essen, 1828) al operei sale *Analytisch-geometrische Entwicklungen* arată că prin folosirea notației prescurtate și a noilor sisteme de coordonate, geometria analitică poate înlătura dificultățile pe care le prezintă calculele de eliminare și poate ajunge la aceleași rezultate ca și geometria pură. În memoriile sale de mai tîrziu, el revine asupra acestui subiect, și aprofundînd tehnica noilor sisteme de coordonate, demonstrează cu ajutorul ei numeroase rezultate obținute de către Poncelet prin geometria pură. Notația prescurtată și coordonatele omogene îi permit să ajungă pe cale analitică la principiul dualității, să precizeze și să generalizeze conceptele de ecuație, de coordonate tangențiale și acela de clasă a unei curbe, introduse de către Möbius și Poncelet. Cel de al doilea tom al aceleiași lucrări (1831) este dedicat acestor chestiuni (în el se găsește extinderea noțiunii de polară la curbele de ordin superior), în timp ce lucrarea sa *System der analytischen Geometrie* reia studiul și clasificarea curbelor algebrice, lăsate în părăsire încă din secolul al XVIII-lea. În acest scop, el folosește un principiu nou, acela al enumerării constantelor, bazat pe celebrele formule ale lui Plücker, care leagă ordinul, clasa și numărul diferitelor tipuri de singularități ordinare (puncte duble, puncte de întoarcere, tangente de inflexiune, tangente staționare) ale unei curbe de un gen dat. Clasificarea dată de el cubicelor și cuarticilor este completată și precizată în *Theorie der algebraischen Kurven* în care stăruie asupra necesității ca elementele la infinit și imaginarele să fie făcute să intervină în aceeași măsură ca și elementele reale. *În System der analytischen Geometrie des Raumes* (1846), el aplică ideile și metodele noi la studiul suprafețelor și curbelor din spațiu.

Cu toată valoarea ei de netăgăduit, opera lui Plücker a provocat anumite opoziții, în special aceea a lui Steiner și a lui Jacobi. Numit în 1847 profesor de fizică la Bonn, Plücker își închină de aici înainte munca acestei disci-

pline, pentru ca să nu mai revină la geometria analitică decît în ultimii ani ai vieţii sale. Noua orientare pe care o imprimase a fost totuşi continuată, în special în Germania şi în Anglia.

STUDIUL CURBELOR ŞI AL SUPRAFEŢELOR ALGEBRICE. În timp ce Plücker nu folosise de loc determinanţii, O. Hesse (1811—1874) s-a servit de ei pe scară largă. El a aplicat de asemenea teoria formelor algebrice şi aceea a invarianţilor, pentru a face ordine în raţionamentele din geometria analitică. Hesse a prezentat rezultatele lui Plücker într-un mod simplu şi elegant, stabilind echivalenţa dintre teoria ecuaţiilor algebrice şi aceea a curbelor şi suprafeţelor, şi dînd notaţiei coordonatelor omogene forma ei definitivă. A introdus folosirea hessianului şi a adus îmbunătăţiri în studiul curbelor de ordinul trei şi al anumitor singularităţi. Tratatele lui de geometrie analitică în spaţiu (1861) şi plană (1865) s-au bucurat de un succes deosebit.

În Anglia, Cayley a urmat şi el calea deschisă de Plücker, dar folosind din plin posibilităţile algebrei liniare. Numeroasele sale lucrări asupra transformărilor de coordonate, asupra cuadricelor şi a suprafeţelor de ordinul patru poartă pecetea neasemuitei sale virtuozităţi algebrice. Împreună cu Salmon, Cayley a generalizat formulele lui Plücker la curbele algebrice în spaţiu şi la suprafeţele algebrice. Vom mai cita încă lucrările lui Mac Cullagh asupra cuadricelor precum şi celebrele tratate ale lui G. Salmon care au contribuit într-o foarte mare măsură la răspîndirea noilor metode, în legătură cu care italianul Chelini a publicat şi el cîteva expuneri elegante.

După 1860, dezvoltarea geometriei analitice este prea intim legată de aceea a geometriei algebrice, pentru a le mai putea despărţi una de alta. Vom întocmi totuşi un tablou al principalelor lucrări dedicate în cursul secolului anumitor tipuri de curbe şi de suprafeţe algebrice.

În legătură cu dezvoltarea geometriei proiective, teoria conicelor şi a cuadricelor a făcut obiectul unui număr extrem de mare de lucrări care i-au dat posibilitatea să se dezvolte rapid, modelîndu-se după teoria formelor pătratice şi dobîndind datorită acestui fapt o eleganţă de netăgăduit. Astfel, clasificarea cuadricelor făcută de Euler (1748) a fost extinsă prin folosirea coordonatelor oblice de către Monge şi Hachette (1802), completată apoi de către Cauchy (1826) şi Magnus (1837) (care au făcut să intervină suprafeţele cu puncte duble), perfecţionată de către Plücker (1846), care a introdus reprezentarea în coordonate tetraedrice şi noţiunea de clasă, şi adusă, în fine, în forma ei modernă de către Hesse (1861) care a scos în evidenţă rolul important ce revine determinantului formei pătratice asociate, precum şi minorilor lui de primul şi de al doilea ordin.

La rîndul lor, suprafeţele de ordinul trei nu puteau să nu atragă atenţia a numeroşi geometri precum Cayley, Salmon, Cremona, Clebsch, Jordan, Klein, Brioschi, R. Sturm, Zeuthen, C. Segre etc. Cayley a dovedit existenţa pe aceste suprafeţe a unor drepte, reale sau imaginare, al căror număr a fost fixat de Salmon la 27. Schäfli a clasat aceste suprafeţe după natura acestor drepte, a căror ecuaţie a fost studiată din punctul de vedere al teoriei grupurilor de către Jordan, Klein şi H. Weber.

Din cauza dificultăților sale intrinsece, studiul general al suprafețelor de ordinul patru a avut o dezvoltare mai puțin activă. Dimpotrivă, anumite tipuri speciale de asemenea suprafețe au făcut obiectul unui număr mare de lucrări, fie din cauza particularităților lor geometrice, fie din cauza rolului pe care îl joacă în fizica matematică. Acesta a fost cazul ciclidelor lui Dupin, al suprafeței de undă a lui Fresnel (care a făcut obiectul unor cercetări nenumărate), al suprafeței lui Steiner (1844), al suprafeței lui Weddle (1859), și al suprafeței lui Kummer (1863). Trebuie să mai amintim, de asemenea, descoperirea unui al treilea sistem de secțiuni circulare ale torului (plane bitangente) de către Yvon Villarceau (1848), precum și faptul că suprafețele de ordinul cinci și diferite familii de suprafețe, cum sînt suprafețele desfășurabile, suprafețele riglate, suprafețele de mulare etc., au făcut și ele obiectul unui număr mare de cercetări în cea de a doua jumătate a secolului. Studiul suprafețelor riglate a beneficiat de altfel de introducerea unui nou sistem de coordonate care urma să atragă după sine crearea unei adevărate geometrii a dreptei.

GEOMETRIA RIGLATĂ. Geometria dreptelor, sau geometria riglată, joacă un rol important atît în optica geometrică (fascicule de raze luminoase) și în mecanică (sisteme de forțe), cît și în geometria sintetică, analitică și infinitezimală.

Monge și-a publicat primele lucrări sistematice asupra familiilor de drepte cu un singur parametru (suprafețe desfășurabile și suprafețe riglate: 1771 și 1775) sau cu doi parametri (congruențe de drepte: 1781) și a luat în considerare intervenția sistemelor de drepte cu trei parametri (complexe de drepte) în studiul anumitor ecuații cu derivate parțiale de ordinul întîi (ecuațiile lui Monge), de-abia la sfîrșitul secolului al XVIII-lea.

Progresele de mai tîrziu ale acestei teorii sînt datorate în cea mai mare parte fizico-matematicienilor. Într-adevăr, importantele lucrări de optică geometrică publicate de Malus (1808—1811), Dupin, Gergonne, Quetelet, Hamilton (patru memorii importante publicate între 1828—1837), Mac Cullagh, Plücker, Minding etc. au dat posibilitatea să se aprofundeze teoria congruențelor de drepte, iar studiul sistemelor de forțe a condus la studiul complexelor de drepte și, în special, al complexelor liniare (Giorgini, 1827; Möbius; Chasles etc.).

Studiul transformărilor proiective și al diferitelor sisteme de coordonate punctuale sau tangențiale în spațiul cu trei dimensiuni a scos în evidență, odată cu simetria rolurilor jucate de puncte și de plane, necesitatea ca fiecare dreaptă să fie considerată cînd ca o *rază* descrisă de un punct, cînd ca o *axă* în jurul căreia se rotește un plan. Din cauză că nici unul dintre sistemele de coordonate care erau folosite nu se adapta la această concepție dualistă, Plücker s-a gîndit să caracterizeze fiecare dreaptă printr-un sistem special de coordonate.

După mai multe încercări puțin satisfăcătoare (1846 și 1864), Plücker a introdus în 1865 notația, devenită de atunci clasică, a celor șase coordonate omogene l, m, n, λ, μ, ν, (componentele unui vector $\vec{V}$ purtat de dreaptă și ale momentului lui $\vec{V}$ în raport cu originea), legate între ele prin relația biliniară $l\lambda + m\mu + n\nu = 0$. Într-o

serie de publicaţii ulterioare, Plücker a folosit această nouă notaţie atît la studiul congruenţelor, al complexelor de drepte şi al ansamblului geometriei riglate, cît şi la acela al sistemelor de forţe. Cayley a conceput la rîndul lui, în 1859, independent de Plücker, o notaţie asemănătoare, însă nu şi-a publicat remarcabilul studiu de ansamblu[6] decît tardiv, adică după apariţia lucrărilor rivalului său.

Originalitatea şi eleganţa acestei noi notaţii au atras numeroşi matematicieni care au continuat studiul principiilor geometriei riglate, al proprietăţilor congruenţelor şi al complexelor generale sau particulare, sau au luat în considerare aplicarea lor la studiul soluţiilor anumitor ecuaţii cu derivate parţiale, la optica geometrică, la statică sau la analiza vectorială.

La acest efort au participat cei mai de seamă geometri ai epocii: Klein, Clebsch, Kummer, Pasch, Reye şi R. Sturm, în Germania; Battaglini şi Segre în Italia; Darboux, Halphen şi Koenigs în Franţa; Cayley în Anglia; Lie în Norvegia. Klein a arătat că geometria riglată în spaţiul proiectiv cu trei dimensiuni, E_3, poate fi interpretată prin considerarea coordonatelor lui Plücker drept coordonate omogene ale unui spaţiu cu cinci dimensiuni, E_5, mulţimea dreptelor spaţiului E_3 avînd drept imagine o hipercuadrică Q a spaţiului E_5. Geometria riglată a făcut de asemenea să se admită că orice curbă, sau orice suprafaţă, poate fi considerată ca un element spaţial şi să se studieze geometria sferelor, geometria sistemelor de cercuri etc.

GEOMETRIILE CU n DIMENSIUNI. Încă din 1685, Wallis luase în considerare extinderea geometriei la studiul proprietăţilor spaţiului cu un număr de dimensiuni mai mare ca trei. Luînd timpul drept cea de a patra dimensiune, d'Alembert şi Lagrange au crezut că întrevăd posibilitatea de a considera mecanica drept o geometrie cu patru dimensiuni. Filozoful german J.F. Herbart a reluat într-un cadru mai larg ideea lui Wallis şi a afirmat necesitatea de a se da conceptului de spaţiu o generalitate mai mare şi de a nu i se limita numărul dimensiunilor. Adoptînd această poziţie, Grassmann a construit în *Ausdehnungslehre* (1844), bazîndu-se pe conceptul de mărime extensivă şi folosindu-se de un simbolism care prefigura notaţiile vectoriale şi tensoriale, un sistem foarte îndrăzneţ de geometrie a spaţiilor afine şi metrice cu n dimensiuni. Însă lucrarea sa, atît de fertilă şi atît de profundă, nu a început să-şi exercite influenţa decît în ultimul sfert al secolului, deşi între timp unele din ideile sale fuseseră reluate într-o formă mai accesibilă.

Într-adevăr, Cayley introdusese încă din 1843, însă într-o formă pur analitică, conceptul de varietate cu un număr oarecare de dimensiuni. Impulsul decisiv a venit din partea lui Riemann care, mergînd pe linia ideilor lui Herbart, prezentase în celebrul său memoriu asupra ipotezelor fundamentale ale

[6] De fapt, adevăratul creator al „coordonatelor plückeriene" este Gaspard Monge care, după ce le-a expus în rezumat în 1785, le-a prezentat într-un mod ireproşabil în *Feuilles d'analyse appliquée à la géométrie* din 1795, folosindu-le la rezolvarea mai multor probleme clasice de geometrie analitică elementară. Desigur că Plücker s-a inspirat din acest studiu, uitat pe nedrept.

geometriei, dintr-un punct de vedere genetic, conceptul varietății diferențiale cu n dimensiuni. O asemenea varietate este formată din reuniunea unei varietăți unidimensionale cu elemente constituite ele însele din varietăți cu $n-1$ dimensiuni.

Helmholtz și Klein au adus o contribuție eficace la răspîndirea concepțiilor lui Riemann. În pofida anumitor opoziții, geometriile cu n dimensiuni au început să fie folosite din ce în ce mai mult, în special pentru a ilustra proprietățile formelor algebrice sau diferențiale cu mai mult de trei variabile.

În timp ce Newcomb, Schläfli, Killing, Lipschitz și Klein evidențiau proprietățile metrice ale acestor spații, Segre și Castelnuovo se ocupau de varietățile de ordinul trei scufundate într-un spațiu cu patru dimensiuni, iar alți autori studiau cinematica și dinamica acestor spații.

Secolul al XX-lea urma să asiste la noi și îndrăznețe extinderi ale noțiunii de spațiu, care dovedeau profunda justețe și deosebita fecunditate a ideilor lui Riemann.

4. Originile geometriei algebrice

În cea de a doua jumătate a secolului al XIX-lea, convergența diferitelor curente de cercetare a reînnoit metodele de studiu ale curbelor și suprafețelor algebrice, ducînd la dezvoltarea rapidă a unei discipline noi — geometria algebrică — legată atît de geometria sintetică și analitică, de algebra liniară și generală, cît și de teoria funcțiilor.

INTERVENȚIA TEORIEI FUNCȚIILOR. În secolul al XVIII-lea, Maclaurin a pus în evidență noțiunea de curbă unicursală.

Această curbă este astfel încît coordonatele punctului ei curent pot fi exprimate prin funcții raționale de un singur parametru. Unicursala este o curbă algebrică plană care posedă numărul maxim $[N = (n-1)(n-2)/2]$ de puncte duble compatibile cu gradul ei n: conică, cubică cu un punct dublu, cuartică cu trei puncte duble etc.

Celebra teoremă a lui Abel (1829) asupra integralelor abeliene[7] a dat posibilitatea ca această noțiune să fie lămurită prin asocierea la fiecare curbă algebrică a unui număr întreg caracteristic p, numit deficiență sau gen, egal cu $N - N'$, în care N' este numărul efectiv de puncte duble (ținîndu-se seama și de eventuala prezență a punctelor singulare). Curbele unicursale formează astfel curbele de genul 0.

Riemann a reactualizat problema prin introducerea suprafeței cu m „foi", numită suprafața lui Riemann, asociată oricărei curbe algebrice plane ireductibile C, reprezentată prin ecuația $f(x, y)=0$ de gradul m în y (1851).

[7] A se vedea în legătură cu aceasta studiul lui J. Itard, p. 68.

Într-un memoriu asupra *Teoriei funcţiilor abeliene* (1857), el arată că funcţia $y(x)$ poate fi uniformizată cu ajutorul a p funcţii de p variabile şi că toate curbele din aceeaşi clasă, adică acelea care pot fi puse în corespondenţă printr-o transformare birațională, au aceeaşi suprafaţă Riemann, şi invers. Această suprafaţă este echivalentă din punct de vedere topologic cu un disc care comportă un număr de găuri egal cu genul p al curbei C, gen care apare astfel ca un invariant birațional. (Acest fapt a fost demonstrat pe cale algebrică de Clebsch şi Gordan, iar pe cale geometrică de Cremona, Bertini şi Zeuthen.) Rezultatul acesta important, care a fost folosit la clasificarea integralelor abeliene, a stat de asemenea la baza diferitelor lucrări din care s-a născut geometria algebrică modernă.

Clebsch a făcut cunoscute, încă din anul 1857, anumite aplicaţii geometrice ale funcţiilor eliptice şi a fost unul dintre primii matematicieni care au dezvoltat opera lui Riemann.

El a arătat, în 1864, că coordonatele punctului curent al unei curbe de genul unu pot fi exprimate prin funcţii eliptice de un parametru, putînd astfel să explice, să extindă şi să descopere numeroase proprietăţi ale acestor curbe. Clebsch a studiat, în special, punctele de inflexiune şi teoria osculaţiei cubicelor fără punct dublu. Lucrarea *Theorie der Abelschen Funktionen* (1866), pe care a elaborat-o împreună cu Gordan, marchează introducerea teoriei funcţiilor în geometria algebrică.

Henri Poincaré a completat, începînd din 1881, rezultatele obţinute de Riemann şi Clebsch.

Într-adevăr, el a demonstrat că coordonatele punctului curent al unei curbe algebrice de un gen oarecare pot fi exprimate cu ajutorul funcţiilor automorfe (ale lui Fuchs sau ale lui Klein) de o singură variabilă complexă. Această soluţie a problemei generale a uniformizării unei funcţii algebrice avea cîteva lacune care nu vor fi rezolvate decît în 1912 de Koebe şi de însuşi Poincaré. Diferiţi matematicieni, printre care şi G. Humbert, au aplicat această soluţie la cercetarea proprietăţilor generale ale curbelor, fără să neglijeze însă şi studiul mai detaliat al familiilor de curbe care pot fi uniformizate cu ajutorul funcţiilor binecunoscute, cum sînt funcţiile hipereliptice.

TRANSFORMĂRILE BIRAŢIONALE. Importanţa rolului pe care îl joacă în geometria proiectivă transformările omografice i-a îndemnat pe geometrii secolului al XIX-lea să ia în consideraţie transformări de diferite tipuri, susceptibile de aplicaţii analoage.

Inversiunea, cunoscută deja de Pappus şi care joacă un rol atît de mare în geometria elementară actuală, a fost repusă la loc de cinste de Quetelet, Steiner, Bellavitis, W. Thomson ş.a. Numeroasele şi importantele proprietăţi care îi sînt asociate constituie geometria analagmatică. Inversiunea aparţine familiei transformărilor circulare care, după ce a fost studiată în plan de Möbius (*Theorie der Kreisverwandschaft*, 1855), a fost extinsă în spaţiu de Liouville, Laguerre şi Darboux.

Un alt tip de corespondențe punctuale plane biunivoce — transformările pătratice — au fost studiate în 1832 de către Magnus. Aceste transformări, ale căror cazuri particulare fuseseră semnalate de Maclaurin (1720), Poncelet, Steiner și Plücker, fac ca fiecărui punct M din plan să-i corespundă punctul M', adică intersecția dreptelor transformate ale lui M prin două corelații date.

Primul exemplu de transformare birațională de un ordin oarecare a fost studiat în 1858 de De Jonquières. În 1863, geometrul italian Luigi Cremona (1830—1903) și-a asumat sarcina să elaboreze teoria generală a transformărilor algebrice birationale, numite de atunci „cremoniene", care reprezintă tipul cel mai general de transformare biunivocă a punctelor unui plan, cu excepția unei serii de puncte fundamentale.

Numeroase lucrări, datorate în special geometrilor italieni (Cremona, Bertini, Castelnuovo, Chisini), englezi (Cayley, Clifford) și germani (Clebsch, Nöther), au permis clasarea transformărilor birationale în plan, abordarea studiului lor în spațiu și considerarea lor în general drept corespondențe biunivoce între două varietăți algebrice scufundate într-un spațiu proiectiv cu un număr oarecare de dimensiuni. În 1869, Nöther a arătat că orice transformare birațională poate fi redusă la un produs de omografii și de transformări pătratice. Teoria grupurilor a scos în evidență importanța transformărilor birationale care constituie grupul principal al geometriei algebrice. Enriques și Wiman au contribuit cu rezultate importante relative la grupurile continue de transformări cremoniene plane.

ÎNCEPUTURILE GEOMETRIEI ALGEBRICE. Studiul ramurilor unei curbe algebrice din vecinătatea unui punct singular, abordat de Newton, a fost reluat de Puiseux (1850) și apoi dezvoltat, în lumina lucrărilor lui Riemann și ale lui Cremona, de Lüroth, Nöther, Halphen și H.J.S. Smith.

Nöther a arătat în 1871 că curbele care au singularități de ordin superior pot fi înlocuite — cu ajutorul transformărilor birationale — prin curbe care nu au decît puncte multiple, cu tangente distincte. Mai tîrziu, Halphen a redus aceste curbe la altele care nu au decît puncte duble, cu tangente distincte. De atunci înainte, formulele lui Plücker au putut fi aplicate la curbele algebrice cele mai generale. Aceste cercetări sînt în strînsă legătură cu studiul grupurilor de puncte ale unei curbe și cu acela al seriilor liniare, introdus de Cayley, în legătură cu care Riemann (1857) și Roch (1864) au demonstrat o teoremă foarte importantă. Cam în aceeași epocă, au mai fost introduse și numeroase alte noțiuni noi: curbe conjugate, sisteme liniare de curbe plane etc.

Memoriul sintetic al lui A. Brill și M.Nöther (*Über die algebraischen Funktionen und ihre Anwendung in der Geometrie*, în „Math. Annalen", 1874) a adus o contribuție foarte eficace la difuzarea fundamentelor noii geometrii algebrice.

Încă din 1868, Clebsch a încercat să extindă aceste studii la suprafețele algebrice și a semnalat existența unui invariant definit printr-o integrală dublă, analog genului unei curbe. Lucrările ulterioare ale lui Nöther, Cayley, Zeuthen și Castelnuovo au

dovedit cît de complexă era problema şi au scos în evidenţă existenţa a două genuri asociate unei aceleiaşi suprafeţe. Şcoala italiană, animată de Cremona, Bertini, C. Segre, Castelnuovo şi apoi de Enriques şi Severi, a descoperit, cu ajutorul unor consideraţii geometrice elegante, numeroase aspecte noi care au fost adunate în lucrarea *Ricerche di geometria sulle superficie algebriche* (1893) a lui Enriques, prima expunere de ansamblu consacrată teoriei suprafeţelor algebrice[8].

Paralel cu aceste lucrări, cercetările întreprinse de E. Picard din punct de vedere analitic asupra integralelor simple asociate suprafeţelor algebrice (1885) şi cercetările lui Picard şi Painlevé asupra suprafeţelor algebrice care admit automorfii raţionale (1889—1892), deschideau şi ele calea unei cooperări rodnice între metodele analitice şi cele geometrice. Lucrarea *Théorie des functions algébriques de deux variables* (2 vol. 1897—1906) a lui Picard şi Simart concentrează rezultatele importante obţinute în acest domeniu nou şi deosebit de greu accesibil, în care analiza matematică oferă geometriei algebrice un ajutor preţios şi cîteodată neprevăzut.

Geometria algebrică, această nouă disciplină care pune în legătură domenii diferite ale matematicii, pînă atunci izolate, urma să capete forma definitivă în secolul al XX-lea, cînd va cunoaşte o dezvoltare rapidă.

5. Geometria infinitezimală şi diferenţială

În decursul secolului al XIX-lea, geometria infinitezimală îşi continuă dezvoltarea rapidă, iniţiată în secolul precedent (vezi vol. II, pp. 488—490). În timp ce teoria clasică a curbelor şi a suprafeţelor se bucura de perfecţionări importante, dezvoltarea celorlalte ramuri ale geometriei şi a diferitelor discipline analitice avea drept consecinţă o reînnoire progresivă a metodelor şi o extindere largă a acestei ştiinţe care, în decursul secolului, avea să facă trecerea de la geometria infinitezimală clasică la geometria diferenţială modernă. Această evoluţie a fost marcată de trei opere fundamentale, aceea a lui Monge, a lui Gauss şi a lui Riemann.

ŞCOALA LUI MONGE. Gaspard Monge era la începutul secolului al XIX-lea conducătorul necontestat al noii şcoli de geometrie infinitezimală. Prin elevii săi de la Şcoala politehnică precum şi prin discipolii săi, autoritatea lui va stărui de-a lungul întregului secol, înrîurind chiar pe unii dintre marii geometri ai perioadei 1870—1900, ca de exemplu pe Klein, Lie şi Darboux.

În timp ce elementele esenţiale ale operei lui Monge erau răspîndite prin reeditarea în 1807, 1809 şi 1850 a lucrării sale *Application de l'analyse à la*

[8] Studiul unei suprafeţe în vecinătatea unuia din punctele ei a fost iniţiat de Kobb (1892) şi completat de Black (1902). În acelaşi timp, B. Levi (1897) şi Severi abordau această problemă pe cale geometrică.

géométrie și prin tratatele întocmite de elevii săi Hachette și Lacroix, pe diferitele căi nou deschise se desfășurau cercetări importante.

Carnot, Lacroix și Ampère scot în evidență interesul pe care îl prezintă coordonatele intrinseci (rază de curbură și arc) în studiul curbelor plane, iar Cesáro le supune unui studiu sistematic la sfîrșitul secolului (*Geometria intrinseca*, 1896). În timp ce Lancret îmbunătățește teoria curbelor în spațiu (1806, 1811), O. Rodrigues continuă studiul liniilor de curbură (1815) și introduce în teoria suprafețelor reprezentarea sferică, care va deveni în mîinile lui Gauss un instrument deosebit de eficace.

Principalul discipol al lui Monge în geometria infinitezimală a fost Charles Dupin (1784—1873) ale cărui lucrări sînt adunate în *Développements de géométrie* (1813) și în *Applications de géométrie et de mécanique* (1822). După ce a definit și a studiat „ciclida lui Dupin" (1801), el a întreprins primul studiu sistematic al sistemelor triple ortogonale. În teoria suprafețelor, Dupin a luat în considerare direcțiile conjugate și indicatoarea, care permit o reprezentare simplă și comodă a variației razelor de curbură a secțiunilor normale într-un punct. El a definit de asemenea liniile asimptotice și a aplicat rezultatele geometriei infinitezimale la construcția șoselelor, la studiul stabilității navelor, precum și în optică.

OPERA LUI GAUSS ȘI CONSECINȚELE EI. Conștient de necesitatea unei concepții mai largi a geometriei și preocupat de diferitele probleme teoretice puse de astronomie, de geodezie și de cartografie și, în special, de problema reprezentării conforme a unei suprafețe pe o alta, Gauss a început să se intereseze activ de principiile teoriei suprafețelor. Publicarea, în 1827, a lucrării sale *Disquisitiones circa generales superficies curvas* marchează apariția unei noi metode care urma să se dovedească deosebit de fecundă.

Introducerea coordonatelor curbilinii u și v pe o suprafață S îi permite să exprime pătratul elementului liniar ds printr-o formă pătratică diferențială $ds^2 = Edu^2 + 2Fdudv + Gdv^2$ (E, F, G fiind funcții de u și v) și să întreprindă un studiu aprofundat al proprietăților locale ale lui S, proprietăți care depind numai de elementul liniar și nu de faptul că S este scufundată în spațiul euclidian cu trei dimensiuni. Cu ajutorul unei reprezentări sferice, el demonstrează, în particular, că curbura totală într-un punct ($1/R_1R_2$) depinde numai de funcțiile E, F, G și de derivatele lor, rămînînd invariantă în cursul deformării suprafețelor flexibile și inextensibile.

Această metodă, de o mare eficacitate, care reînnoia principiile teoriei suprafețelor, a fost folosită de Gauss la studiul teoretic al liniilor și triunghiurilor geodezice, precum și la anumite aplicații (*Untersuchungen über Gegenstände der höheren Geodäsie*, 1843—1847).

Primii discipoli ai lui Gauss au apărut în Germania. Minding s-a ocupat îndeosebi de curbura geodezică (1830), de aplicabilitatea unei suprafețe pe o alta și de suprafețele cu curbură constantă. Jacobi a făcut cunoscută teoria lui Gauss la cursurile

sale, şi îmbinînd-o cu cercetări proprii asupra funcţiilor abeliene, a reuşit, de exemplu, să integreze liniile geodezice ale elipsoidului. Elevul său, F. Joachimsthal, a demonstrat o elegantă teoremă asupra liniilor de curbură plane, în timp ce J. F. Grunert şi H. R. Baltzer aprofundau diferitele aspecte ale teoriei curburii a lui Gauss.

Dezvoltările ulterioare ale teoriei lui Gauss apar în Franţa sub influenţa fizicii matematice. Într-adevăr, Lamé extinde folosirea coordonatelor curbilinii la spaţiul cu trei dimensiuni (1837) şi introduce anumiţi parametri diferenţiali (a căror importanţă a fost scoasă în evidenţă cu ocazia extinderii teoriei invarianţilor la domeniul geometriei diferenţiale) în vederea aplicaţiilor lor la teoria elasticităţii şi la fizica matematică. Teoria elasticităţii stă şi la originea lucrărilor lui Barré de Saint-Venant (1846) asupra curbelor în spaţiu.

Începînd din 1840, o nouă şcoală, marcată de influenţa conjugată a lui Monge, Gauss şi Jacobi, începe să publice lucrări teoretice importante în „Journal de mathématiques pures et appliquées", editat de Liouville. Acesta continuă cercetările lui Gauss şi cele ale lui Jacobi asupra triunghiurilor geodezice, asupra coordonatelor geodezice polare şi asupra reprezentării conforme, în timp ce O. Bonnet introduce noţiunea de „curbură geodezică" şi studiază suprafeţele minime, sistemele triple ortogonale şi aplicabilitatea suprafeţelor. Această din urmă problemă face de asemenea obiectul cercetărilor lui Weingarten din Germania, ale lui Bour din Franţa şi ale lui Codazzi din Italia. Trebuie să mai semnalăm, în fine, celebrele formule asupra curburii şi torsiunii curbelor strîmbe descoperite independent de F. Frenet şi J.-A. Serret în 1847 şi 1851.

Începînd din 1850, Italia îşi face o intrare strălucită în domeniul geometriei infinitezimale datorită lui Mainardi şi unei pleiade de tineri geometri talentaţi: Brioschi, Cremona, Codazzi etc.

RIEMANN ŞI GEOMETRIA DIFERENŢIALĂ. Cam în aceeaşi vreme, Riemann dădea un impuls nou cercetărilor de geometrie infinitezimală, extinzînd considerabil domeniul acestei ştiinţe şi reactualizîndu-i principiile.

Riemann pune bazele geometriei diferenţiale moderne, abordînd studiul proprietăţilor varietăţilor topologice cu un număr arbitrar de dimensiuni în celebra sa teză *Asupra ipotezelor care servesc drept bază geometriei*, susţinută la Göttingen în 1854, dar publicată de-abia în 1868, după moartea lui. Influenţat atît de teoria suprafeţelor a lui Gauss, cît şi de propriile sale lucrări de fizică-matematică, el defineşte pătratul distanţei dintre două puncte infinit apropiate ale acestei varietăţi printr-o formă pătratică pozitivă $\sum_{ik} a_{ik}\, dx_i dx_k (i, k = 1,2,...,n)$.

El arată cum se poate măsura curbura acestei varietăţi şi, referindu-se în special la varietăţile cu curbură constantă, indică posibilitatea ca geometria neeuclidiană plană să fie interpretată cu ajutorul geometriei pe suprafeţe cu curbură constantă.

În acest memoriu, Riemann mai prezintă şi o altă concepţie revoluţionară. În timp ce spaţiul era considerat pînă atunci ca o entitate în sine, Riemann ia în considerare posibilitatea unei interacţiuni între spaţiu şi corpurile scu-

fundate în el. Acest punct de vedere, dezvoltat mai tîrziu de Helmholtz și de Clifford, urma să-și afle întreaga justificare în lucrările de fizică-matematică din secolul al XX-lea.

În timp ce Riemann expunea principiile geometriei diferențiale cu un număr oarecare de dimensiuni, concepțiile lui Grassmann asupra geometriei elementare euclidiene și afine cu n dimensiuni începeau să fie cunoscute în cercuri din ce în ce mai largi, împreună cu metodele simbolice corespunzătoare. Interesul pe care îl prezentau aceste metode în domeniul geometriei diferențiale fusese confirmat de forma geometrică pe care Grassmann o dăduse problemei lui Pfaff. Studiul geometriilor riemanniene impunea elaborarea unei teorii a formelor diferențiale pătratice. Riemann a inițiat acest studiu într-un memoriu postum, întocmit în 1861, asupra distribuției electricității în cilindri. Între 1864 și 1868, geometrul italian Beltrami a arătat în ce fel teoria invarianților diferențiali putea permite să se facă o legătură între concepțiile lui Gauss și Lamé și acelea ale lui Riemann. În 1869, Christoffel și Lipschitz au adus o contribuție importantă la teoria formelor diferențiale pătratice. Numeroasele lucrări elaborate în această direcție au permis desăvîrșirea metodelor de analiză vectorială și a procedeelor de calcul diferențial absolut, adică a unui simbolism deosebit de potrivit pentru exprimarea invarianților geometriei riemanniene.

DEZVOLTĂRI ULTERIOARE. Răspîndirea aproape simultană, în jurul anului 1870, a geometriilor neeuclidiene, a teoriei grupurilor și a noilor concepții ale lui Riemann și Grassmann nu putea să nu ducă la o reînnoire a metodelor geometriei infinitezimale și la lărgirea domeniului acestei științe care a evoluat progresiv spre geometria diferențială modernă.

Totuși, cea mai mare parte a problemelor importante studiate în cursul perioadei precedente continua să facă obiectul cercetărilor care se continuau: studiul suprafețelor cu curbură constantă (Beltrami, Bianchi), al suprafețelor minimale (Enneper, Schwartz, Lie), al sistemelor triple ortogonale (Bonnet, Ribaucour, Darboux), al aplicabilității și al deformabilității suprafețelor (Beltrami, Bianchi, Guichard, Lie) etc.

Rolul considerațiilor topologice în geometria diferențială este confirmat printr-o serie de memorii strălucite (*Sur les courbes définies par une équation différentielle*, 1881—1886) în care Poincaré studiază — fără integrare prealabilă — proprietățile curbelor integrale ale ecuațiilor diferențiale ordinare și, în special, natura și comportarea punctelor lor singulare.

Dezvoltarea geometriei infinitezimale din cursul ultimelor decenii ale secolului al XIX-lea a fost marcată însă — mai mult poate decît de influența lui Riemann — de dezvoltarea teoriei grupurilor și a aplicațiilor lor. Faptul acesta reiese în mod deosebit de evident într-una dintre operele cele mai remarcabile ale acestei perioade, aceea a geometrului norvegian Sophus Lie (1842—

1899). Acest savant, care îmbina deosebitele sale daruri de intuiţie geometrică cu un strălucit talent analitic, şi-a orientat opera înspre studiul şi clasificarea grupurilor continue de transformări şi, în special, al transformărilor de contact. El a făcut astfel posibil ca geometria diferenţială să profite din plin de progresul teoriei ecuaţiilor diferenţiale şi cu derivate parţiale. Părţile esenţiale ale lucrărilor sale au fost reunite de discipolii săi F. Engel şi G. Scheffers în *Theorie der Transformationsgruppen*, 1888—1893; *Diferentialgleichungen*, 1891; *Kontinuerliche Gruppen*, 1893 şi *Berührungstransformationen*, 1896.

Pe lîngă Lie, această perioadă mai este dominată şi de alte două personalităţi: francezul Gaston Darboux (1842—1917) şi italianul Luigi Bianchi (1856—1928). Discipol indirect al lui Monge şi Riemann, Darboux, ca şi Lie, reuneşte intuiţia excepţională a realităţii spaţiale cu stăpînirea sigură a tehnicii analitice. Lucrarea sa, *Leçons sur la théorie générale des surfaces* (4 vol., 1887—1896), reprezintă o sinteză remarcabilă a aportului pe care secolul al XIX-lea l-a adus în geometria infinitezimală. Lucrările sale cele mai originale se referă la sistemele triple ortogonale, la folosirea elementelor imaginare şi la metoda triedrului mobil pe care, după exemplul lui Monge, E. Combescure şi Ribaucour, a aplicat-o la studiul a numeroase probleme.

Opera lui Bianchi este destul de apropiată de aceea a lui Darboux, atît prin diversitatea subiectelor studiate, cît şi prin importanţa rolului atribuit ecuaţiilor cu derivate parţiale, precum şi prin calitatea lucrărilor sale didactice, în special a lucrării *Lezioni di Geometria differenziale* (1893).

Importanţa operelor lui Lie, Darboux şi Bianchi, care sintetizează bogatul aport al secolului al XIX-lea în domeniul geometriei infinitezimale şi care iniţiază, în acelaşi timp, direcţiile principale ale evoluţiei din secolul al XX-lea a geometriei diferenţiale, dovedeşte vitalitatea acestei ştiinţe căreia progresele continue, în loc să-i închidă orizontul, îi deschid fără încetare căi noi.

6. Apariţia topologiei

Importanţa acestei ramuri a matematicii moderne, care a avut o dezvoltare rapidă în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, a fost prevăzută cu două secole mai înainte de Leibniz care i-a dat numele de *Analysis situs* sau geometria de situaţie. De această disciplină se leagă cîteva probleme celebre, ca aceea a „podurilor din Königsberg" (Euler), aceea a nodurilor (Gauss, Listing, Tait, Kirkman), problema, atît de dificilă, a colorării unei hărţi geografice[9] (Möbius, de Morgan, Cayley, Tait, A.B. Kempe), precum şi relaţia lui Descartes-Euler dintre numărul feţelor, muchiilor şi vîrfurilor unui poliedru.

[9] Determinarea numărului minim de culori necesare pentru întocmirea unei hărţi geografice, oricît de complexă, astfel ca două regiuni învecinate să fie întotdeauna colorate diferit.

Cu toate că în diferite raționamente anterioare fuseseră folosite implicit considerații de topologie, această disciplină nu a început să se contureze decît începînd cu Cayley (1846), Listing (*Vorlesungen über Topologie*, 1847) și cu Möbius care a semnalat primul exemplu de suprafață unilaterală (banda lui Möbius, 1858). Cel care poate fi socotit drept adevăratul fondator al acestei științe este Riemann care o definește ca studiul proprietăților invariante prin transformări bicontinue. Introducînd, cu ajutorul „suprafețelor lui Riemann", considerații topologice în teoria funcțiilor de variabile complexe și în întreaga analiză (1857), el precizează obiectul și bazele topologiei plane, scoate în evidență diferite noțiuni esențiale (cum este aceea a conectivității) și atrage atenția asupra unor invarianți importanți, ca de exemplu numărul de dimensiuni ale unei figuri sau asupra invarianților cunoscuți sub numele de „numerele lui Betti". Mulți dintre discipolii săi au continuat să lucreze pe noile căi deschise, dezvoltînd teoria suprafețelor lui Riemann sau studiul proprietăților topologice ale poliedrelor. Dezvoltarea de mai tîrziu a topologiei a fost influențată de crearea teoriei mulțimilor, de progresul teoriei numerelor reale și de studiul funcțiilor de variabile reale. Numeroase cercetări au avut drept obiect mulțimile de puncte, definirea conceptelor fundamentale de curbă și de domeniu (Cantor, Jordan ș.a.), precum și studiul mulțimilor de curbe și de funcții. Trebuie menționate în special lucrările lui Jordan, Poincaré și Hadamard în Franța, acelea ale lui Cantor, Klein și Hilbert în Germania, ale lui Betti și Ascoli în Italia, ale lui Mittag-Leffler în Suedia etc.

CAPITOLUL II
Analiza matematică și teoria numerelor

A. DEZVOLTAREA FIZICII MATEMATICE

OPERA LUI JOSEPH FOURIER. Joseph Fourier (1768—1830) poate fi considerat drept primul fizico-matematician cu adevărat tipic. În studiile sale asupra propagării căldurii, făcute înainte de 1807 și adunate într-un memoriu prezentat Academiei de Științe în 1811, precum și în importanta sa lucrare *Théorie analytique de la chaleur* (1822), Fourier stabilește legea propagării căldurii reprezentînd-o prin următoarea ecuație cu derivate parțiale:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = a^2 \frac{\partial V}{\partial t}.$$

Pentru ca să integreze această ecuație, el reprezintă o funcție cu ajutorul unei serii trigonometrice, numită de atunci seria lui Fourier:

$$f(x) = a_0 + \sum_{m=1}^{m=\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx).$$

Fourier determină mai întîi coeficienții acestei serii, considerînd o infinitate de ecuații de gradul întîi cu o infinitate de necunoscute.

Folosind o a doua metodă, el stabilește formulele:

$$a_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\alpha) \cos m\alpha \, d\alpha, \; b_m = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(\alpha) \sin m\alpha \, d\alpha$$

și

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\alpha) \, d\alpha.$$

Deși nu a tratat această problemă într-un mod absolut riguros, Fourier a pus totuși bazele teoriei pe care Dirichlet urma să o dezvolte cîțiva ani mai tîrziu (1829). Lucrările lui Dirichlet în această problemă își au continuarea în lucrările lui Riemann și ale lui Georg Cantor. Acest ansamblu de cercetări a jucat un rol fundamental în aprofundarea conceptelor de bază ale analizei. Vorbind despre această știință, Fourier scrie în *Discours préliminaire:*

„Nu poate exista un limbaj mai universal și mai simplu, mai lipsit de greșeli și de confuzii, adică mai demn de a exprima raporturile invariabile dintre realitățile naturale.

Considerată din acest punct de vedere, această știință este tot atît de cuprinzătoare ca însăși natura. Ea definește toate raporturile sensibile, măsoară timpul, spațiile, for-

ţele şi temperaturile. Ştiinţa această dificilă se formează cu încetul, dar păstrează toate principiile odată ce şi le-a însuşit. Ea creşte şi se consolidează fără încetare, în mijlocul atîtor erori ale spiritului uman".

DEZVOLTAREA FIZICII MATEMATICE. Mergînd pe linia impulsului puternic dat de lucrările lui Laplace şi împletindu-se cu efortul depus de alţi doi fizico-matematicieni de mare valoare, Ampère şi Poisson, influenţa lui Fourier a fost precumpănitoare pentru şcoala franceză. Importanţa rolului său de şef de şcoală este certificată de Prouhet care relevă profunda influenţă exercitată de Fourier asupra lui Charles Sturm:

„Dl. Sturm, scrie el, se supune fericitei influenţe a acestui maestru venerat despre care nu vorbea niciodată decît cu emoţie. Şi-a îndreptat cercetările spre teoria căldurii şi spre analiza algebrică. El a găsit celebra lui teoremă (teorema asupra şirurilor lui Sturm, publicată în 1829) studiind proprietăţile unor anumite ecuaţii diferenţiale care intervin într-un mare număr de probleme de fizică matematică".

Găsim în această mărturie un exemplu tipic al interacţiunilor dintre matematica aplicată şi matematica pură, interacţiuni care urmau să se dovedească cu timpul atît de numeroase şi de fecunde.

Într-adevăr, sub influenţa progresului paralel al analizei matematice şi al diferitelor ramuri ale fizicii teoretice, instrumentul matematic intervine într-o măsură din ce în ce mai largă şi mai profundă în toate domeniile fizicii. Acest avînt al fizicii matematice iniţiat în secolul al XVIII-lea prin crearea mecanicii analitice, a hidrodinamicii teoretice şi prin dezvoltarea mecanicii cereşti, s-a manifestat atît în domeniile electricităţii, magnetismului şi al electromagnetismului cît şi în acelea ale opticii, capilarităţii şi termodinamicii.

Numeroşi au fost matematicienii care în secolul al XIX-lea şi-au găsit inspiraţia, în întregime sau parţial, în problemele de natură fizică. Fără a încerca să stabilim un tabel de onoare, vom cita cîţiva dintre creatorii cei mai valoroşi din acest domeniu. În Franţa, alături de Laplace, Fourier, Poisson, Ampère şi Cauchy, trebuie menţionaţi Lamé, Barré de Saint-Venant şi Henri Poincaré; în Anglia: George Green, G.G. Stokes, lord Rayleigh, William Thomson (lord Kelvin) şi Maxwell; în Germania: Gauss, Plücker, Clausius, Kirchhoff şi Helmholtz; în America: G.W.Hill, S. Newcomb şi J.W. Gibbs; în Austria, L. Boltzmann, iar în Olanda, H.A. Lorentz.

B. REÎNNOIREA ANALIZEI MATEMATICE

PRIMELE LUCRĂRI ALE LUI CAUCHY DIN DOMENIUL ANALIZEI. Născut în 1789, Augustin Cauchy a intrat în 1805 la Şcoala politehnică, unde a avut ca profesori pe Poisson, Ampère, Hachette şi Prony. Inginer de poduri şi şosele pînă în 1815, Cauchy a devenit de timpuriu celebru datorită memoriilor sale referitoare la geometrie şi algebră.

Influența lui s-a resimțit însă în special în domeniul analizei și al aplicațiilor ei în optica ondulatorie și în astronomie. În 1815, este numit profesor la Școala politehnică, iar puțin timp după aceea predă cursuri la Sorbona și la Collège de France. Refuzînd să depună jurămîntul față de noul guvern, Cauchy, se expatriază în 1830 la Torino și apoi la Praga. Reîntors în Franța în 1838, își reia sub Imperiu catedra de la Sorbona. Moare în 1857.

Primele sale lucrări de analiză au avut ca obiect integralele definite multiple, un instrument analitic foarte des folosit de Laplace, Fourier și Poisson. El este primul care atrage atenția asupra importanței ordinului de integrare, atunci cînd funcția de integrat devine infinită în puncte interioare ale domeniului de integrare. Această descoperire urma să joace un rol esențial în cercetările sale.

Cauchy a fost determinat, în special, să revină la vechea definiție a integralei drept sumă de infiniți mici, adică la concepția matematicienilor secolului al XVII-lea, dinaintea lui Leibniz. În tot decursul secolului al XVIII-lea, dominase concepția lui Leibniz conform căreia rolul fundamental îl joacă primitiva sau integrala nedefinită. Totuși, pentru necesitățile calculului, Euler folosea cîteodată metodele vechi pe care le perfecționase.

NOȚIUNILE DE FUNCȚIE ȘI DE CONTINUITATE. Cu scopul de a ajunge la noțiunea de integrală definită și lăsîndu-se condus de discuțiile din secolul precedent asupra problemei coardelor vibrante, precum și de lucrările lui Fourier, Cauchy părăsește ideile asupra continuității pe care le avuseseră predecesorii săi captivați de permanența algoritmului, care permitea să se deducă valoarea funcției plecînd de la valoarea variabilei, și declară în *Analyse algébrique* (1821):

„Atunci cînd anumite cantități variabile sînt astfel legate între ele, încît fiind dată valoarea uneia din ele se pot calcula valorile tuturor celorlalte, se înțelege de obicei că aceste cantități sînt exprimate cu ajutorul uneia dintre ele (care ia numele de *variabilă independentă*) și că celelalte cantități exprimate cu ajutorul variabilei independente sînt ceea ce numim funcții de această variabilă.

Conform terminologiei lui Cauchy, cuvîntul „cantitate" avea la data aceea sensul de număr real, rațional sau irațional, pozitiv sau negativ.

În 1797, Lacroix dădea o definiție analoagă, formal mai largă.

„Orice cantitate, a cărei valoare depinde de una sau de mai multe alte cantități, este numită *funcție* de acestea din urmă, indiferent dacă se știe sau nu prin ce operații trebuie să se treacă pentru a se ajunge de la ele la prima cantitate".

Pentru a-și preciza ideea, el adăuga de altfel:

„Rădăcina unei ecuații de gradul cinci, de exemplu, a cărei expresie n-o putem stabili în starea actuală a algebrei, este totuși funcție de coeficienții ecuației, fiindcă valoarea ei depinde de aceea a acestor coeficienți".

Vom mai semnala în treacăt marea importanță didactică a operei lui S.F. Lacroix (vezi vol. II, p. 466). Prin numeroasele sale lucrări cu caracter elemen-

tar și, în special, prin *Traité du calcul différentiel et du calcul intégral* (2 vol., 1797—1800, ed. II, 3 vol., 1810—1819), Lacroix a exercitat o mare influență nu numai în Franța și în Europa continentală, dar și în Anglia, unde tînăra școală care prin R. Woodhouse, G. Peacock, Ch. Babbage și John Herschel se răzvrătise contra tiraniei sterile a tradiției newtoniene și se convertise la tehnicile și la notațiile lui Leibniz, și-a căutat doctrina în operele lui[1].

Extinderea maximă a definiției conceptului de funcție numerică a fost realizată de Dirichlet cu ocazia lucrărilor sale asupra seriilor lui Fourier („Journal", editat de Crelle, vol. IV, 1829; „Repertorium der Physik", vol. I, 1837). Această definiție este și astăzi actuală.

Ca și B. Bolzano (*Rein analytischer Beweis...*, 1817), și foarte probabil independent de el, Cauchy adoptă o nouă definiție a continuității funcțiilor:

„Fie $f(x)$ o funcție de variabila x. Să presupunem că pentru fiecare valoare a lui x, aflată între două limite date, această funcție admite mereu o valoare unică și finită. Dacă, plecînd de la o valoare a lui x cuprinsă între aceste limite, se atribuie variabilei x o creștere infinit mică, funcția însăși va avea o creștere egală cu diferența $f(x + \alpha) - f(x)$, care va depinde atît de noua valoare α, cît și de valoarea lui x. În aceste condiții, funcția $f(x)$ va fi, între cele două limite atribuite variabilei x o funcție *continuă* de această variabilă, dacă pentru fiecare valoare a lui x aflată între aceste limite, valoarea numerică (am spune în prezent valoarea absolută, sau modulul) a diferenței $f(x + \alpha) - f(x)$ descrește oricît de mult cu aceea a lui α. Cu alte cuvinte, *funcția* f(x) *va rămîne continuă în raport cu* x *între limitele date, dacă o creștere infinit mică a variabilei între aceste limite produce întotdeauna o creștere infinit mică a însăși funcției*".

INTEGRALELE DEFINITE. Într-un tratat din 1823, *Résumé des leçons sur le calcul infinitésimal*, Cauchy definește pe $\int_{x_0}^{X} f(x)dx$ drept limita expresiei

$$S = (x_1 - x_0) f(x_0) + (x_2 - x_1) f(x_1) + \ldots + (X - x_{n-1}) f(x_{n-1}),$$

funcția $f(x)$ fiind continuă între x_0 și X, iar $x_0 < x_1 < \ldots x_{n-1} < X$, atunci cînd „valorile numerice ale elementelor" $(x_1 - x_0)$ etc. tind către zero.

Această nouă definiție a integralei urma să se dovedească foarte fecundă. Ea a fost extinsă chiar de Cauchy la anumite cazuri de discontinuitate și, într-o măsură și mai mare, de Riemann (*Über die Darstellbarkeit einer Funktion durch eine trigonometrische Reihe*, Göttingen, 1854), devenit discipol de ocazie al lui Dirichlet. În 1875, Darboux a dat teoriei „integralei lui Riemann" aspectul ei aproape definitiv. Două extinderi ulterioare ale noțiunii de integrală definită au fost aduse de Stieltjes (1894) și de Henri Lebesgue (1902).

SERIILE. Între timp, sub influența cursurilor lui Lagrange și oarecum din împotrivire față de acesta, Cauchy s-a ocupat de seriile întregi, aducînd

[1] Herschel, Peacock și Babbage au tradus în 1816 *Traité élémentaire de calcul différentiel et intégral* al lui Lacroix, căruia i-au adăugat, în 1820, două volume de exemple.

— aşa cum făcuse Gauss pentru seria hipergeometrică — o mai mare rigurozitate într-un domeniu în care predecesorii lui, încredinţaţi de puterea algoritmului, îşi permiseseră prea multe libertăţi.

„În ceea ce priveşte metodele, scria el în 1821, am căutat să le dau toată precizia cerută în geometrie, astfel încît să nu fiu nevoit să recurg vreodată la argumente bazate pe principiile generale ale algebrei. Argumentele de acest fel, deşi admise de obicei, mai ales la trecerea de la seriile convergente la seriile divergente şi de la cantităţile reale la expresiile imaginare, nu pot fi considerate, după părerea mea, decît drept concluzii inductive menite să ne facă a bănui cîteodată adevărul, însă care nu se potrivesc decît destul de puţin cu mult lăudata exactitate a ştiinţelor matematice. Ar trebui observat, de asemenea, că astfel de inducţii au tendinţa de a ne face să atribuim formulelor algebrice un domeniu de aplicaţie nelimitat, cînd, de fapt, majoritatea nu sînt valabile decît în anumite condiţii, şi numai pentru anumite valori ale cantităţilor pe care le conţin... De aceea, înainte de a face sumarea vreunei serii, am fost nevoit să analizez în ce cazuri se pot suma în general seriile sau, cu alte cuvinte, care sînt condiţiile convergenţei lor, stabilind în acest scop reguli generale care mi se par că merită o oarecare atenţie".

Cauchy defineşte aşadar cu precizie convergenţa seriilor şi stabileşte criteriile generale precum şi cele două criterii mai restrînse, dar practice, în special pentru seriile întregi: unul denumit criteriul lui d'Alembert care îi folosise într-un caz particular, iar celălalt criteriul lui Cauchy. Vom semnala în special criteriul foarte general, numit acum „al şirurilor lui Cauchy", care va avea o importanţă fundamentală în dezvoltarea de mai tîrziu a matematicii.

Pentru ca seria să fie convergentă este în primul rînd necesar ca termenul general U_n să descrească oricît de mult atunci cînd n creşte. Această condiţie nu este însă suficientă şi de aceea mai este necesar ca pentru valori crescătoare ale lui n, diferitele sume

$$U_n + U_{n+1},$$
$$U_n + U_{n+1} + U_{n+2},$$

etc.

adică suma cantităţilor

$$U_n,\ U_{n+1},\ U_{n+2} \text{ etc.}$$

luate, începînd cu prima, într-un număr oarecare, să sfîrşească prin a căpăta mereu valori numerice inferioare oricărei limite ce li s-ar putea fixa. Şi invers, atunci cînd aceste diferite condiţii sînt satisfăcute, convergenţa seriei este asigurată.

Aceste lucrări, precedate în 1812 de cercetările asemănătoare ale lui Gauss, stau la baza unui domeniu de cercetări care se vor extinde aproape de-a lungul întregului secol. Dintre cei care au avut contribuţii importante în acest domeniu trebuie citaţi Abel, apoi Raabe în 1832, Duhamel în 1839, Morgan şi Joseph Bertrand în 1842, O. Bonnet în 1843, Kummer în 1835, Dini în 1867, P. du Bois-Reymond în 1873 şi A. Pringsheim în ultimii ani ai secolului.

La acești autori, criteriile suficiente de convergență devin din ce în ce mai subtile. Se sperase să se găsească o delimitare între termenul general al seriilor convergente și acela al seriilor divergente. S-a dovedit că această încercare era zadarnică și că o asemenea delimitare nu există.

Pentru seriile cu termeni de semne oarecare, sau chiar imaginari, Cauchy a demonstrat în 1821 că, dacă seria modulelor este ea însăși convergentă, este convergentă și seria respectivă, care este numită în acest caz „absolut convergentă". În 1837, Dirichlet a dovedit că dacă o serie este absolut convergentă suma ei este independentă de ordinea termenilor. Dimpotrivă, dacă seria este simplu convergentă, suma ei depinde de ordinea termenilor. Riemann a demonstrat în 1866 că ordinea termenilor unei serii convergente reale, care nu este absolut convergentă, poate fi întotdeauna astfel modificată încît seria să aibă o sumă dată arbitrar *a priori*.

Criteriile de convergență a seriilor care nu sînt absolut convergente au fost studiate de Abel, Dirichlet, Catalan, Dedekind, Kronecker și Weierstrass.

SERIILE ÎNTREGI. Cercetările lui Cauchy asupra seriilor generale au fost o treaptă pregătitoare pentru studiul seriilor întregi pe care el le-a numit în 1821 „serii ordonate după puterile crescătoare și întregi ale unei variabile", considerîndu-le atît în domeniul real, cît și în cel complex.

Termenul general fiind $(a_n + b_n\sqrt{-1})\,x^n$, iar ρ_n modulul coeficientului $a_n + b_n\sqrt{-1}$, Cauchy caută „limita cea mai mare" A a lui $\sqrt[n]{\rho_n}$ sau, cum am spune astăzi, punctul de acumulare cu cea mai mare abscisă al mulțimii. „Seria este convergentă sau divergentă după cum modulul expresiei imaginare x este mai mic sau mai mare decît $1/A$." Această teoremă remarcabilă urma să fie scoasă din nou în evidență de J. Hadamard, în 1892.

Cu toate că lucrările lui Cauchy asupra seriilor și asupra seriilor întregi, luate în totalitatea lor, sînt un exemplu remarcabil de expunere riguroasă, totuși se pot găsi în ele anumite imperfecțiuni, precum și cîteva teoreme eronate, ca de exemplu următoarea:

„Atunci cînd diferiții termeni ai unei serii sînt funcții de o aceeași variabilă Z și continue în raport cu această variabilă în vecinătatea unei valori particulare pentru care seria este convergentă, suma S a seriei este și ea funcție continuă de Z în vecinătatea acestei valori particulare" (*Analyse algébrique*, 1821).

Pentru a preveni punctele slabe ale expunerii lui Cauchy, Stokes, Seidel și Dirichlet au creat, cam prin 1840, noțiunea de convergență uniformă.

Lucrînd în aceeași direcție, însă cu mai multă rigoare decît Cauchy, tînărul norvegian Niels Henrik Abel publică în 1826 *Cercetări asupra seriei* $1 + \frac{m}{1}x + \frac{m(m-1)}{1\cdot 2}x^2 + \ldots + \frac{m(m-1)\ldots(m-k+1)}{1\cdot 2\ldots k}x^k + \ldots$ în care studiază direct funcția, pe baza dezvoltării ei în serie.

„Seriile divergente sînt diabolice, scrie tînărul matematician lui Holmboë, şi este o ruşine să ai cutezanţa să clădeşti pe ele o demonstraţie. Folosindu-le, poţi obţine ce vrei. Aceste serii au făcut mult rău şi au condus la multe paradoxuri".

Cu toate că spre sfîrşitul secolului matematicienii au învăţat să mînuiască cu folos aceste „serii diabolice", restrîngerea de lungă durată a studiilor lor doar la seriile convergente a fost totuşi necesară progresului rigurozităţii.

După părerea lui Lagrange, seria lui Taylor joacă în teoria funcţiilor un rol esenţial. Se va înţelege, de aceea, interesul pe care i l-a arătat de timpuriu Cauchy. El a demonstrat importanţa fundamentală a restului. Dacă restul tinde către zero atunci cînd numărul termenilor creşte la infinit, seria converge, iar suma ei este egală cu valoarea funcţiei. Dar seria poate converge şi fără ca suma ei să fie egală cu valoarea funcţiei. Cauchy a luat drept exemplu funcţia $e^{-\frac{1}{x^2}}$ care dovedeşte justeţea acestei observaţii.

NUMĂRUL COMPLEX. Dar cel mai frumos titlu de glorie al lui Cauchy este acela că, datorită cîtorva descoperiri remarcabile, a fost unul din creatorii teoriei variabilei complexe.

În 1821, numărul complex nu era pentru Cauchy decît un simplu simbol:

„În analiză, se numeşte *expresie simbolică* (sau simbol) orice combinaţie de semne algebrice care nu înseamnă nimic prin ea însăşi, sau căreia i se atribuie o valoare diferită de aceea pe care trebuie să o aibă în mod firesc... Dintre expresiile sau ecuaţiile simbolice a căror luare în consideraţie este de o oarecare importanţă în analiză, trebuie distinse îndeosebi acelea care au fost denumite imaginare... Orice ecuaţie imaginară nu este decît reprezentarea simbolică a două ecuaţii între cantităţi reale".

Acest text nu face nici o aluzie la reprezentarea mărimilor complexe în plan. Şi cu toate acestea, încă din 1799, Gauss, pentru a demonstra teorema fundamentală a algebrei, folosise o asemenea reprezentare (un punct corespunzînd unui număr), dar fără să studieze sistematic corespondenţa dintre operaţiile asupra numerelor şi transformările geometrice în plan. Cauchy va adopta şi el aceeaşi poziţie în importantul său memoriu *Sur les intégrales définies prises entre des limites imaginaires* (1825):

„...Dacă se notează prin x, y două variabile reale, iar prin $z = x + y\sqrt{-1}$ o variabilă imaginară... şi dacă se presupune că variabilele x, y reprezintă coordonate rectangulare şi, în sfîrşit, — pentru a rezuma — dacă se indică un punct cu ajutorul ecuaţiei lui..."

În 1821, Cauchy vorbea deja de „modulul unui număr imaginar"[2], denumire introdusă în 1806 de Argand în *Eseu* sau asupra reprezentării geometrice a

[2] Argumentul numărului complex joacă — împreună cu modulul — un rol foarte important la Cauchy. El nu va introduce totuşi acest termen în limbajul matematic decît în 1838.

numerelor complexe, eseu bazat pe aceleași principii ca și acela al lui Wessel, publicat în 1797 (vezi vol. II, p.475). În „Analele" editate de Gergonne s-a iscat, între 1814 și 1815, o polemică în jurul acestui eseu, la care au luat parte J.-F. Français și însuși Argand. Cauchy ar fi trebuit deci să cunoască această lucrare. așa că doar reticențele lui de analist au putut să-l împiedice multă vreme ca să ia o atitudine clară față de reprezentarea geometrică a numerelor complexe.

De fapt, atît Gauss cît și Cauchy apelează de timpuriu în lucrările lor la reprezentarea în plan a numerelor complexe. Ei nu fac să intervină însă decît proprietățile topologice, astfel scoase în evidență, și aceasta la o epocă în care topologia era încă practic inexistentă și în care era nevoie ca matematicienii să recurgă la intuiția spațială.

Un alt punct de vedere, acela adoptat de Wessel în 1797, de Argand în 1806, de Mourey și de Warren în 1828, la care s-a raliat și Cauchy în 1849, clarifică proprietățile operațiilor cu numere complexe, legitimîndu-le oarecum prin reducerea lor la transformările elementare ale planului: deplasări și similitudini.

O a treia poziție va fi aceea luată de Bellavitis în *Metodo delle equipollenze* din 1837 (începută în 1832) în care calculul cu numerele complexe vine să impulsioneze, la rîndul lui, geometria.

Precizînd și clarificînd o idee doar schițată de Cauchy, Hamilton fundamentează, în 1833, teoria numerelor complexe prin definirea lor drept perechi de numere reale. În această accepție, expresia de „număr complex" se datorește lui Gauss (*Theoria residuorum biquadraticorum*, 1831).

În 1847, sub influența lucrărilor algebrice ale lui Kummer, Cauchy schițează o teorie pur algebrică, anume teoria „echivalențelor algebrice", bazată pe congruențele de modul $x^2 + 1$ în inelul de polinoame cu coeficienți reali.

Începînd din 1849 însă, Cauchy devine pe față adeptul reprezentării geometrice, așa cum făcuse și Gauss în Germania încă din 1831. Ceea ce l-a convins definitiv a fost importanța pe care această reprezentare o căpătase în analiză.

FUNCȚIILE DE O VARIABILĂ COMPLEXĂ. În secolul al XVIII-lea nu se făcuse nici un studiu sistematic al funcțiilor de o variabilă complexă, deși mai multe rezultate importante fuseseră obținute în teoria ecuațiilor și în legătură cu funcțiile logaritmice și exponențiale.

În acest domeniu, Cauchy a făcut două descoperiri foarte importante. Mai întîi, el a observat în 1825 că, dacă o funcție este continuă și definită, $\int_a^b f(z)\mathrm{d}z$, nu depinde de drumul de-a lungul căruia se face integrarea (pe timpul acela el mai credea că o funcție continuă are în fiecare punct o derivată perfect definită). Dacă integrarea are loc de-a lungul unei curbe închise, al cărui interior nu conține nici un punct singular, atunci integrala este nulă. Dacă în interiorul conturului există un punct singular, atunci integrala este egală cu $2\pi i R$, dacă R este reziduul din acest punct.

Această descoperire este strîns legată de memoriul său din 1814 asupra integralelor multiple. Ea s-a copt ani de-a rîndul în mintea autorului care a tras din *calculul reziduurilor*, pe care l-a inventat, un mare număr de concluzii.

În 1831, Cauchy a aplicat acest calcul la funcţia $\frac{f(z)}{z-x}$ pentru cazul cînd $f(z)$ este continuă pentru toate valorile lui z interioare curbei de integrare. Singurul punct singular este în acest caz acela de afix x, iar reziduul este $f(x)$. De aici rezultă

$$\int_{\text{contur}} \frac{f(x)}{z-x}\, dz = 2\pi i\, f(x).$$

Din această expresie, Cauchy deduce direct o demonstraţie a seriei Taylor pentru funcţiile de variabilă complexă. În 1840, el va scrie în legătură cu aceasta:

„Printre teoremele noi... una din cele mai extraordinare... este aceea care dă direct regulile convergenţei seriilor obţinute prin dezvoltarea funcţiilor explicite, reducînd pur şi simplu legea convergenţei la legea continuităţii"...

Într-adevăr, Cauchy reuşise să făurească un miraculos instrument analitic. Şi totuşi, bazele teoriei mai aveau încă nevoie de o revizuire temeinică.

Dar mai înainte de a examina cum s-au petrecut faptele, este necesar să ne reîntoarcem în trecut.

FUNCŢIILE ELIPTICE. Începînd încă din 1786, Legendre lucra cu îndîrjire la integralele eliptice, adică la integralele nedefinite ale funcţiilor raţionale în x şi y, pentru care y este rădăcina pătrată a unui polinom în x de gradul trei sau patru. După două memorii publicate în 1786 şi 1793, aceste lucrări ocupă cea mai mare parte din *Exercices de calcul intégral* (3 vol., 1811—1819) şi din marea lucrare *Traité des fonctions elliptiques et des intégrales eulériennes* (3 vol., 1825—1832). După ce ajunsese la cîteva concluzii preliminare, Legendre începe, în 1793, să elaboreze o teorie generală a integralelor eliptice: compararea diferitelor funcţii de acest tip, clasificarea lor, reducerea lor la trei forme canonice şi calcularea tabelelor respective. Numeroasele perfecţionări pe care le-a adus mai tîrziu, precum şi diferitele aplicaţii pe care le-a luat în consideraţie l-au condus la publicarea *Tratatului* său care, după părerea lui, urma să dea posibilitatea aplicării noii teorii „cu aproape tot atîta uşurinţă ca teoria funcţiilor circulare şi logaritmice".

Între timp, cercetările lui Legendre, conduse într-un spirit cu totul pragmatic, atrăseseră atenţia a doi tineri matematicieni care urmau să zdruncine din temelii acest nou domeniu al analizei. În 1828, Legendre semnalează că unul din rezultatele lui, obţinut de curînd, asupra „scărilor de module", fusese generalizat de către un tînăr profesor din Königsberg, C. Jacobi, ale cărui memorii publicate în *Astronomische Nachrichten*, editate de Schumacher, dovedeau „marea perspicacitate a autorului şi fecunditatea metodelor cu ajutorul cărora fusese în stare să învingă dificultăţile temei".

Legendre insistă de asemenea asupra ultimelor cercetări făcute de Abel, al cărui prim memoriu (vol. II din „Journal", editat de Crelle) „conţine deja o teorie aproape completă a funcţiilor eliptice, considerate din punctul de vedere cel mai general". Ideea profund originală a lui Abel, reluată puţin după

aceea în mod independent de Jacobi, a fost aceea de a inversa integrala eliptică de primă speță, luîndu-i valoarea drept variabilă independentă, iar limita superioară drept funcție. O altă idee fecundă, anume aceea a introducerii numerelor complexe, permitea să se explice prin dubla periodicitate a funcțiilor eliptice anumite asemănări de formă între diversele formule obținute și formulele întîlnite în studiul funcțiilor circulare sau în acela al funcțiilor exponențiale. Rivalitatea rodnică intervenită între Abel și Jacobi în legătură cu funcțiile eliptice i-a făcut pe cei doi tineri matematicieni să-și publice rezultatele cercetărilor într-un ritm rapid. În timp ce o moarte prematură (6 aprilie 1829) îl împiedica pe Abel să-și termine lucrarea *Précis d'une théorie des fonctions elliptiques*, pe care o începuse, Jacobi și-a dezvoltat punctul său de vedere într-o mare lucrare de sinteză, asupra căreia vom reveni mai tîrziu.

Încă din 1798, Gauss, care, după obiceiul lui, nu lăsa să transpire nici o știre în legătură cu cercetările pe care le făcea, ajunsese și el la mai multe din rezultatele publicate de Abel și Jacobi. Nu-i mai puțin adevărat însă că cei doi tineri matematicieni, a căror influență asupra evoluției ulterioare a matematicii a fost considerabilă, își împart gloria de a fi ajuns — independent unul de altul și de oricine altcineva — la concluzia că era necesar, pe de o parte, să se prelucreze întregul domeniu al funcțiilor de variabilă complexă, și pe de altă parte să se inverseze problema și să se trateze nu însăși integrala, ci funcția inversă, așa cum este mai comod, de exemplu, să se studieze în locul funcției, $\int_0^x \frac{dx}{1+x^2}$, funcția inversă tg x. Datorită acestei concepții, ei au descoperit dubla periodicitate a funcțiilor eliptice (inversele integralelor), din care au dedus multiplicarea funcțiilor (analoagă multiplicării arcelor în trigonometrie) și teoria transformării, asupra căreia nu putem insista deocamdată.

INTEGRALELE ABELIENE. Abel a făcut însă, în 1828, o descoperire suplimentară care a stîrnit entuziasmul întregii lumi matematice, începînd cu bătrînul Legendre și cu tînărul Jacobi. Vom încerca să spunem cîteva cuvinte despre proprietatea fundamentală a integralelor numite în zilele noastre „abeliene".

Fie o curbă avînd ecuația algebrică $F(x, y) = 0$. Fie, pe de altă parte, o funcție rațională $f(x, y)$. Integrala abeliană $\int_a^x f(x, y)\,dx$ este integrala calculată presupunînd că punctul M de coordonate x și y se deplasează pe curba dată. Integralele eliptice reprezintă un caz particular al integralelor abeliene.

Teorema lui Abel se referă la relațiile dintre integralele luate pe aceeași curbă: suma unui număr oarecare de integrale, cu limite arbitrare, ale aceleiași funcții, se exprimă printr-un număr fix de integrale asemănătoare, la care se adaugă cantități algebrice și logaritmice. Numărul fix de integrale, caracteristic pentru curbă, este genul ei.

„Nu există, scrie E. Picard în 1893, în istoria științei o teoremă atît de importantă, obținută cu ajutorul unor considerații atît de simple".

FUNCŢIILE ELIPTICE ALE LUI JACOBI ŞI WEIERSTRASS. Jacobi, care de altfel a făcut să progreseze noua ramură a analizei creată prin teorema lui Abel, a adunat într-un corp de doctrină propriile sale descoperiri asupra funcţiilor eliptice în *Fundamenta nova theoriae functionum ellipticarum* publicată în 1829. Vocabularul lui urma să se impună imediat şi să nu întîlnească expresii concurente decît în noua teorie a lui Weierstrass.

Funcţiile eliptice fundamentale sînt, la Jacobi, sinusul amplitudinii, cosinusul amplitudinii, tangenta amplitudinii şi delta amplitudinii. El exprimă aceste funcţii cu ajutorul seriilor exponenţiale, adică al funcţiilor Θ, după modelul cărora H. Poincaré urma să creeze mai tîrziu funcţiile Θ — fuchsiene.

Funcţiile Θ, întîlnite deja de Fourier în teoria căldurii pe care o elaborase, urmau să devină de altfel — atît în mîinile lui Jacobi, cît şi în acelea ale lui Hermite şi Kronecker — un instrument viguros în teoria numerelor.

În 1844, Hermite stabilea anumite proprietăţi importante ale transformării funcţiilor eliptice, bazîndu-se pe caracteristica funcţiilor lui Jacobi de a putea fi exprimate prin cîtul a două funcţii Θ dezvoltabile în serii întotdeauna convergente şi care rămîn neschimbate, sau capătă un factor comun, atunci cînd variabila este mărită cu multipli ai perioadelor. Prin aceasta, Hermite inaugura o nouă epocă în istoria funcţiilor eliptice. În loc de a face ca teoria acestor funcţii să se bazeze pe integralele lui Legendre, el o lega de funcţia Θ printr-o metodă proprie care urma să-l inspire mai tîrziu pe Poincaré în lucrările sale asupra funcţiilor fuchsiene.

FUNCŢIA MODULARĂ; FUNCŢIILE ABELIENE; FUNCŢIA GAMMA. O altă contribuţie capitală a lui Hermite la teoria funcţiilor eliptice este descoperirea funcţiei modulare, una din cele mai importante funcţii din analiză. Această funcţie, pe care Hermite a folosit-o la rezolvarea ecuaţiei generale de gradul cinci cu ajutorul funcţiilor eliptice, face parte din tipul de funcţii invariante într-o transformare omografică a variabilei $Z = \frac{az+b}{cz+d}$ (în care $ad - bc = 1$) şi se leagă de teoria grupurilor. Funcţiile modulare au fost studiate mai tîrziu, în special de Felix Klein. Funcţiile fuchsiene şi kleiniene ale lui Henri Poincaré sînt generalizări ale funcţiilor modulare.

Funcţiile abeliene sînt funcţii de mai multe variabile complexe, analoage funcţiilor eliptice, şi obţinute prin inversarea integralelor abeliene. Studiul lor a fost iniţiat de Jacobi care a fost urmat de Göpel, Rosenhain, Hermite şi apoi de Riemann, Weierstrass, Clebsch şi Gordan. Aceştia din urmă stabilesc în lucrarea lor *Die Abelschen Funcktionen* (1866) o legătură între acest studiu şi geometria curbelor algebrice şi descoperă printr-o metodă mai elementară principalele rezultate ale acestei teorii.

Atragem atenţia, fără să intrăm în detalii, asupra avatarurilor unei alte funcţii — integrala lui Euler de speţa a doua, sau funcţia gamma $\Gamma(x)$ — introdusă de Euler şi studiată de Legendre, şi care a fost în mare vogă în decursul secolului.

În *Exercițiile* și în *Tratatul* său, Legendre definește funcția gamma prin relația:

$$\Gamma(x) = \int_0^1 dt \left(\log \frac{1}{t}\right)^{x-1} .$$

El stabilește legea de recurență:
$\Gamma(x+1) = x\Gamma(x)$, precum și relațiile:

$\Gamma(n+1) = n!$ dacă n este întreg; $\Gamma(x)\Gamma(1-x) = \dfrac{\pi}{\sin x\pi}$ etc.

Calculator neobosit, el construiește o tabelă de logaritmi ai lui $\Gamma(x)$, calculați cu 12 zecimale pentru toate valorile lui x, din miime în miime, de la 1,000 la 2,000.

Gauss s-a ocupat și el de această funcție, pentru care a calculat tabele și pe care o definește drept limita pentru m tinzînd la infinit a expresiei: $\dfrac{m!\, m^{x-1}}{x(x+1)...(x+m-1)}$.

Liouville, care a adoptat același punct de vedere, deduce, în 1853, mai multe rezultate remarcabile. Mai tîrziu, Weierstrass a observat că $1/\Gamma(x)$ este o funcție transcendentă întreagă.

TEOREMELE DE EXISTENȚĂ PENTRU ECUAȚIILE DIFERENȚIALE. Încă de la începutul secolului al XVIII-lea, analiștii se ocupau de o problemă esențială pentru mecanică și fizica-matematică, și anume de rezolvarea ecuațiilor diferențiale și a ecuațiilor cu derivate parțiale.

Timp îndelungat matematicienii au ezitat asupra înțelesului care trebuia dat noțiunii de integrală generală a unei ecuații cu derivate parțiale. Ampère scria în 1815:

„Pentru ca o integrală să fie generală, trebuie ca între variabilele considerate și derivatele lor la infinit să nu rezulte decît relațiile exprimate de ecuația dată și de ecuațiile care se deduc din ea prin diferențiere".

După înțelesul dat de G. Darboux, integrala analitică generală este aceea care, printr-o alegere adecvată a funcțiilor sau a constantelor arbitrare care figurează în ea, permite să se regăsească soluțiile a căror existență a fost demonstrată de Cauchy și de succesorii săi. Pe la sfîrșitul secolului, E. Delassus și E. Goursat au dovedit că definiția lui Darboux o implică pe aceea a lui Ampère, fără ca reciproca să fie adevărată.

Demonstrația teoremei de existență făcută de Cauchy a fost expusă în 1844 de către abatele Moigno. Metoda aceasta, pe care Cauchy o expusese la cursurile sale înainte de 1830, a fost regăsită mai tîrziu de R. Lipschitz (1868), care i-a precizat condițiile de aplicare. Este vorba de „condițiile lui Lipschitz" care joacă și astăzi un rol important în mai multe domenii. Baza metodei constă în înlocuirea ecuației diferențiale printr-o ecuație cu diferențe finite, al căror „pas" este făcut după aceea să tindă către zero. Metoda aceasta, pe care calculatoarele electronice o folosesc în prezent pentru ca să „rezolve" ecuațiile diferențiale, a făcut obiectul studiilor lui P. Painlevé (1896—1897), E. Picard (1899—1904), Teofilato (1903), Goursat (1905), E. Cotton (1908) etc.

Cea de a doua metodă, aceea a aproximaţiilor succesive, este folosită de multă vreme de către astronomi. J. Liouville i-a demonstrat convergenţa, în 1837—1838, pentru un caz particular. Se pare totuşi că mai înainte Cauchy a dat, în cursurile sale, o demonstraţie generală a acestei convergenţe, pe baza unei metode expuse de Moigno în 1844. O metodă asemănătoare a fost aplicată la ecuaţiile diferenţiale liniare de un ordin oarecare de către J. Caqué în 1864, L. Fuchs în 1870—1871 şi G. Peano în 1886—1887. Metoda a fost regăsită în întreaga ei generalitate de către E. Picard în 1890. Lucrările acestuia din urmă au fost continuate de acelea ale lui I. Bendixson în 1893, L. Lindelöf în 1894, C. Severini în 1898 şi E. Cotton în 1908.

Această metodă, denumită de Cauchy „calculul limitelor", se cheamă în prezent metoda „funcţiilor majorante" şi se bazează pe dezvoltarea în serie a funcţiilor analitice. Şi în cazul acesta, primul care a dovedit că seriile întregi exprimînd soluţiile unui sistem de ecuaţii diferenţiale sînt convergente a fost Cauchy, iar demonstraţia a fost făcută în lucrările sale elaborate la Torino (1831). El s-a folosit în acest scop de seriile majorante a căror existenţă a stabilit-o cu ajutorul integralei sale.

Demonstraţia lui Cauchy, simplificată în bună măsură de către Briot şi Bouquet în jurul anului 1850, se aplică atît ecuaţiilor diferenţiale, cît şi ecuaţiilor cu derivate parţiale.

În 1875, G. Darboux şi Sofia Kovalevskaia, eleva lui Weierstrass, au demonstrat aproape concomitent, din nou şi pe o cale mai simplă, rezultatele lui Cauchy în legătură cu aceste din urmă ecuaţii. Lucrările lui Méray, şi apoi acelea ale lui Riquier, Tresse şi Delassus, se înscriu şi ele pe această linie.

În Germania, Weierstrass, care nu avea cunoştinţă de cercetările lui Cauchy în această direcţie, se angajează şi el, din 1842, pe aceeaşi cale. De altfel, nici Weierstrass, nici Méray nu folosesc în lucrările lor integrala lui Cauchy. Spre sfîrşitul secolului al XIX-lea şi în secolul al XX-lea, un foarte mare număr de matematicieni au urmat această metodă legată strîns de teoria funcţiilor analitice. În special, ea i-a permis lui Briot şi lui Bouquet să înceapă, în 1856, studiul punctelor singulare ale integralelor, studiu care a fost reluat şi dezvoltat mai tîrziu de E. Picard şi de H. Poincaré.

În sfîrşit, o ultimă metodă, aceea a variaţiei constantelor, a fost propusă de Cauchy în 1840. În forma ei cea mai generală, principiul acestei metode nu se deosebeşte de teorema pe care H. Poincaré a pus-o la baza cercetărilor sale de mecanică cerească şi căreia i-a dat primul o demonstraţie explicită şi riguroasă.

METODELE DE INTEGRARE A ECUAŢIILOR DIFERENŢIALE SAU CU DERIVATE PARŢIALE. Din punct de vedere elementar, problema integrării unei ecuaţii diferenţiale ar consta din determinarea funcţiilor necunoscute cu ajutorul unor ecuaţii finite în care n-ar interveni decît un număr finit de simboluri algebrice şi de funcţii deja cunoscute.

Încă din secolul al XVIII-lea, o asemenea problemă era considerată, în general, ca imposibil de rezolvat. Se încerca de aceea să se rezolve ecuaţiile diferenţiale într-un sens mai larg, şi anume în acela al integrării prin cuadra-

turi, cînd calculul se reduce la o succesiune de operaţii algebrice şi de integrări nedefinite, în număr finit. În 1840, Liouville a demonstrat imposibilitatea, în general, a acestei noi probleme. Această imposibilitate era presimţită însă de multă vreme, ceea ce explică apariţia problemei existenţei însăşi a soluţiilor.

Teoriile clasice nu-şi propun deci decît reducerea, în anumite cazuri bine definite, a problemei integrării la probleme de aceeaşi natură, dar mai simple.

În metoda multiplicatorului lui Euler pentru ecuaţiile de ordin superior, ordinul se reduce cu o unitate de îndată ce se cunoaşte unul din multiplicatori. Metoda multiplicatorului lui Jacobi dă posibilitatea să se încheie integrarea prin cuadraturi făcute în anumite condiţii.

Prima metodă generală de integrare a ecuaţiilor cu derivate parţiale de ordinul întîi este datorată lui Pfaff (1814—1815). În 1819, Cauchy a dat o metodă mai simplă şi mai rapidă. Comparînd lucrările lui Hamilton asupra mecanicii cu metoda lui Pfaff, Jacobi a redescoperit metoda lui Cauchy, care îi era necunoscută.

Tot lui Jacobi i se mai datoreşte şi o altă metodă, ale cărei principii de bază le cunoştea încă din 1836. El a predat-o multă vreme la Königsberg, dar ea nu a fost publicată decît în 1862, după moartea lui, de către Clebsch.

În acest interval de timp, cea mai mare parte a teoremelor lui Jacobi fuseseră redescoperite de către Liouville (1853), Bour (1855), Donkin (1865) ş.a. Metoda a fost perfecţionată ulterior de către Mayer.

Lucrările asupra ecuaţiilor diferenţiale sau asupra ecuaţiilor cu derivate parţiale au fost atît de numeroase în decursul secolului, încît ne-ar fi imposibil să le rezumăm aici. Subliniem numai că începînd din 1872 geometrul norvegian Sophus Lie a creat prin teoria grupurilor continue de transformări un element incomparabil de clasificare. Această teorie nu numai că permite să se reducă la un principiu unic majoritatea metodelor clasice, dar oferă şi mijlocul de a deduce structura grupului presupus cunoscut din rezultatele precise, obţinute în legătură cu natura sistemelor auxiliare care intervin în integrare. Mai semnalăm extinderea ideilor lui Galois la ecuaţiile diferenţiale liniare de către E. Picard (1883), urmat de Drach şi Vessiot (1892).

C. PROGRESELE ULTERIOARE ALE ANALIZEI

Cu toate că expunerea noastră a depăşit cîteodată cu mult anul 1850, o mare parte din ceea ce s-a prezentat a fost opera matematicienilor din prima jumătate a secolului, din care deosebit de rodnici au fost anii cuprinşi între 1820 şi 1840. Începînd cam din 1850, se va desfăşura o muncă vastă de punere la punct şi de elaborare, iar teoria modernă a funcţiilor va căpăta aspectul ei clasic. Apariţia rigorii îşi avusese pionierii în Gauss, Cauchy, Abel şi Bolzano, a căror profunzime de vederi n-a avut însă pe timpul acela decît foarte puţină influenţă, astfel că noul spirit nu urma să se dezvăluie în toată plinătatea lui decît spre mijlocul secolului. În teoria funcţiilor vom distinge trei curente principale, în Franţa acela al lui Cauchy, iar în Germania acela al lui Riemann,

pe de o parte, și al lui Weierstrass, pe de altă parte. De altfel, aceste trei curente nu vor întîrzia să se întrepătrundă, iar teoria funcţiilor analitice va reprezenta în ultimii ani ai secolului fericita lor sinteză.

SISTEMATIZAREA CONCEPŢIILOR LUI CAUCHY. Încă din 1843, P.A. Laurent, ofiţer de geniu, completase teorema din 1831 a lui Cauchy prin descoperirea „seriei Laurent". Victor Puiseux, discipol al lui Sturm, adoptînd ideile lui Cauchy, se plasează în avangarda ştiinţei şi creează, în 1850, teoria funcţiilor algebrice de variabilă complexă.

Joseph Liouville (1809—1882), fondatorul din 1836 al publicaţiei „Journal de mathématiques pures et appliquées" şi care a avut un rol important în toate ramurile matematicii, a elaborat în jurul anului 1850, cam în acelaşi timp cu Hermite, teoria funcţiilor eliptice *in abstracto*, ca funcţii meromorfe de variabilă complexă cu două perioade.

În felul acesta, ideile fundamentale ale lui Cauchy s-au bucurat de un dublu succes: prin aplicaţiile lor la funcţiile algebrice, pe de o parte, şi la funcţiile eliptice, pe de altă parte.

Cauchy însuşi reanalizează teoria generală a funcţiilor de variabilă complexă și făurește vocabularul care îi precizează proprietăţile: funcţii monodrome (pentru cele pe care le numim astăzi uniforme) și mai ales, funcţii monogene (pentru funcţiile continue a căror derivată este bine definită în fiecare punct). El nu pune nicidecum la îndoială derivabilitatea, aproape peste tot, a unei funcţii continue de variabilă reală, dar constată totuși că pentru variabila complexă, drumul pe care variabila tinde către limită joacă un rol capital. Din acest motiv teoremele lui din 1825 și din 1831 nu sînt aplicabile decît funcţiilor monogene.

În 1859, Briot și Bouquet publică lucrarea *Théorie des fonctions doublement périodiques*, reeditată în 1873—1875 sub titlul *Théorie des fonctions elliptiques*. De-abia cu această ocazie, ideile lui Cauchy iau forma didactică care le lipsea încă. Prima parte a acestui tratat este o expunere a teoriei generale a funcţiilor după concepţiile lui Cauchy. Din vocabularul acestor doi autori se mai menţine şi acum expresia „funcţie olomorfă", pe care au creat-o în 1875.

TEORIA FUNCŢIILOR DUPĂ RIEMANN. Bernhard Riemann (1826—1866), unul dintre matematicienii cei mai profunzi ai secolului, a fost elevul lui Gauss la Göttingen și apoi al lui Jacobi și Dirichlet la Berlin. Reîntors la Göttingen, își susţine teza de doctorat în 1851 înainte de a începe să predea la această universitate celebră, mai întîi ca profesor netitular în 1857, și apoi ca urmaș al lui Dirichlet la catedra lui Gauss, în 1859. Grav bolnav începînd din 1862, moare în 1866, în vîrstă de abia 40 de ani.

Teza lui din 1851, *Grundlagen für eine allgemeine Theorie der Funktionen einer veränderlichen komplexen Grösse* (Bazele unei teorii generale a funcţiilor de variabilă complexă), este fundamentală în teoria funcţiilor. Ea este cu totul independentă de ideile lui Cauchy și se inspiră din fizica matematică (teoria potenţialului și a curgerii fluidelor), precum și din geometrie (reprezentarea conformă). Din acest punct de vedere, Riemann este deci un discipol

al marelui matematician german Gauss, a cărui operă, mai îngrijită decît aceea a lui Cauchy, dar mai puțin răspîndită în lumea științifică, a fost determinantă pentru progresul ulterior al științelor.

Teoria potențialului, creată în secolul al XVIII-lea (vezi vol. II, p. 471), a fost dezvoltată mai cu seamă în secolul al XIX-lea. Cuvîntul „potențial" a fost introdus de însuși Green într-un memoriu fundamental din 1828 care n-a ajuns să fie cunoscut mai bine decît după reeditarea lui, în 1846, de către W. Thomson. Acesta din urmă arătase, în 1843, că ecuația lui Laplace este invariantă în raport cu o inversiune. Între 1839 și 1840, Gauss lucrase și el intens la aceeași problemă a potențialului[3].

Deși independent de tradiția franceză, Riemann se apropie mult, în cercetările întreprinse, de ultimele lucrări ale lui Cauchy asupra acestei probleme, lucrări cu care teza lui este aproape contemporană.

Scriind pentru variabila $z = x + iy$ și pentru funcția $f(z) = u + iv$, el ia drept bază cele două ecuații simultane $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$, $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ și reduce studiul lor la teoria funcțiilor de o variabilă complexă. Aceasta conduce la considerarea ecuației $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$ care este ecuația potențialului sau a funcțiilor armonice.

Printre problemele care pot fi puse în legătură cu această ecuație, cea mai celebră este aceea a lui Dirichlet: determinarea unei integrale prin valorile ei pe un contur închis. Ea se pune în special în problemele de reprezentare conformă a unei regiuni din plan pe o altă regiune. Riemann o rezolvă printr-o metodă rămasă celebră — aplicarea „principiului lui Dirichlet"— principiu folosit deja de acest mare matematician care a fost, împreună cu Jacobi și Gauss, unul din inspiratorii lui. Dintre funcțiile de x și y care iau pe contur valorile date, el o consideră pe aceea care minimizează integrala dublă $\iint\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right] dx\, dy$ și demonstrează că aceasta satisface ecuația. În 1869, Weierstrass a făcut observația că, dacă este adevărat că integrala dublă este mărginită inferior, nu rezultă de nicăieri că ea își atinge marginea. Această observație a provocat o mare tulburare și a stat la originea lucrărilor lui Schwarz, C. Neumann și Poincaré.

De altfel, Hilbert a arătat în 1900 că există posibilitatea de a se da, prin noi metode, rigurozitatea necesară demonstrației lui Riemann.

ÎNCEPUTURILE TOPOLOGIEI. Caracterul topologic al metodelor lui Riemann în teoria funcțiilor reiese și mai clar din memoriul său *Theorie der Abelschen Funktionen* (1857) care este un rezumat al lecțiilor pe care le-a ținut între 1855 și 1856. Teoria funcțiilor algebrice, ale căror caracteristici esențiale scăpaseră lui Cauchy și lui Puiseux, a fost creată cu adevărat datorită topo-

[3] A se vedea în legătură cu această chestiune și studiul lui E. Bauer, p. 209.

logiei, denumită pe vremea aceea *analysis situs*. În acest memoriu apare concepţia „suprafeţelor lui Riemann" formate din plane suprapuse, al căror număr este egal cu gradul unei ecuaţii algebrice şi legate prin linii de trecere, care se obţin reunind într-un anumit mod punctele critice.

Influenţa lui Riemann a fost foarte mare şi aproape imediată. Printre discipolii lui din Germania pot fi citaţi Carl Neumann, Gordan, Hankel, Clebsch şi Fuchs.

În Franţa, C. Jordan a publicat încă din 1866 un memoriu asupra deformării suprafeţelor, în care demonstra, de exemplu, că două suprafeţe închise avînd acelaşi număr de găuri sau acelaşi gen se pot aplica una pe alta.

În Italia, Enrico Betti a publicat în 1859 o traducere italiană a memoriului lui Riemann din 1851. O analiză amănunţită a acestei traduceri a apărut în 1868 în lucrarea *Teorica delle funzioni* a lui Casorati.

După Riemann, şi înaintea lui Poincaré, Betti urma să imprime topologiei progrese remarcabile. În 1868—1869, Brioschi, Cremona şi Casorati dezvoltau în cursuri paralele teoria funcţiilor eliptice şi a funcţiilor abeliene, după concepţiile lui Jacobi, Clebsch, Gordan şi ale lui Riemann.

TEORIA FUNCŢIILOR DUPĂ WEIERSTRASS. Karl Weierstrass (1815—1897) a fost iniţiat în funcţiile eliptice de Gudermann care l-a îndemnat să ia drept bază a acestui studiu dezvoltările în serii întregi. După ce fusese o bună bucată de vreme profesor în învăţămîntul secundar, Weierstrass a obţinut o catedră la Şcoala politehnică din Berlin şi apoi, în 1856, la Universitatea aceluiaşi oraş unde cursurile sale s-au bucurat de un deosebit succes. Deoarece puţine din lucrările lui au văzut lumina tiparului, influenţa i s-a resimţit în special prin cursurile pe care le-a predat, astfel că este greu cîteodată ca în publicaţiile de mai tîrziu ale discipolilor săi să se facă o distincţie între descoperirile lor personale şi ideile profesorului lor.

Străduindu-se să elimine cît mai mult posibil apelul la intuiţie şi să atingă un maxim de rigurozitate, Weierstrass a avut o influenţă considerabilă asupra matematicienilor din întreaga lume. „Weierstrass este profesorul nostru, al tuturor", va spune Hermite, în 1900, la Congresul internaţional de la Paris.

Riemann remarcase, în 1861, la cursurile lui, că continuitatea funcţiei de variabilă reală nu implică cîtuşi de puţin derivabilitatea ei. În 1871—1872, Weierstrass construieşte primul exemplu al unei funcţii continue pe un întreg segment, fără să fie derivabilă în nici un punct. Aceste funcţii fără derivate, cunoscute deja de Bolzano, au fost considerate la apariţia lor drept nişte cazuri anormale, care nu ţineau de domeniul matematicii ortodoxe. „Îmi întorc faţa cu spaimă şi repulsie — îi scria Hermite lui Stieltjes — de la această plagă lamentabilă a funcţiilor continue fără derivată".

În domeniul variabilei complexe, Weierstrass, şi — independent de el — Méray în Franţa, defineşte funcţia printr-o dezvoltare în serie întreagă în vecinătatea unui punct regulat. Funcţia se determină după aceea, din aproape în aproape, prin *prelungirea ei analitică*. Dacă seria de plecare converge în întregul plan, ea reprezintă o „funcţie transcendentă întreagă". Weierstrass. demonstrează că în cazul acesta funcţia poate fi exprimată sub forma unui

produs de un număr infinit de factori: „factorii primari" ai lui Weierstrass. El descoperă, în 1876, în același timp cu Casorati, că în vecinătatea unui punct singular esențial o funcție uniformă se poate apropia oricît de mult de orice valoare dată.

În 1879, Émile Picard ajunge la o concluzie și mai precisă: orice funcție analitică $f(x)$, care are un punct singular esențial izolat, ia, de o infinitate de ori, orice valoare dată în vecinătatea acestui punct, o excepție neputîndu-se produce decît pentru *o singură* valoare particulară.

Demonstrația lui E. Picard era o aplicație a teoriei funcțiilor modulare. Această problemă a făcut obiectul unui număr foarte mare de lucrări ulterioare.

Weierstrass a elaborat o nouă teorie a funcțiilor eliptice care prezintă, față de teoria lui Jacobi, avantajul de a nu avea decît o funcție fundamentală, în loc de trei. Publicarea culegerii de formule a lui Schwarz, în 1885, a făcut cunoscută lumii științifice această nouă teorie, pe care Halphen a luat-o drept bază pentru lucrarea sa *Traité des fonctions elliptiques* (3 vol., 1886—1891) și pe care C. Jordan a adoptat-o în cursurile lui și în cea de a doua ediție a *Cursului de analiză.*

Cu Weierstrass, teoria funcțiilor eliptice atinge punctul ei culminant.

H. Lebesgue va putea spune despre ele: „Funcțiile eliptice, așa de ignorate de cînd Weierstrass le-a expus atît de simplu teoremele generale", adăugînd: „Teoriile generale răspund la întrebările pe care ni le-am pus; din nefericire, ele ne dau răspunsul cu prea mare ușurință, fără să ne ceară aproape nici un efort, și fiindcă ne oferă soluția problemelor încă înainte de a le fi studiat, ne slăbesc curiozitatea și ne sustrag de la cunoașterea lor intimă care ne-ar fi condus poate la probleme noi".

ARITMETIZAREA MATEMATICII. Pînă în jurul anului 1870, analiștii asimilează, mai mult sau mai puțin pe față, numerele reale cu segmentele unei linii drepte, sau mai de grabă cu lungimile acestora, măsurate pe baza unei unități de lungime. Este o reminiscență a atitudinii lui Descartes și a teoriei grecești a proporțiilor.

În anumite cazuri totuși, începînd de la mijlocul secolului, se resimțea nevoia ca lucrurile să fie analizate mai îndeaproape. Primul care a explicitat această tendință este Charles Méray care dă, în 1869, un sens pur aritmetic expresiei de „număr irațional".

Méray numește *variabilă progresivă* și, mai tîrziu, *variantă*, un șir de numere raționale. Dacă varianta este un șir Cauchy, el afirmă că ea converge. Două variante sînt echivalente, dacă diferența lor tinde către zero. Dacă o variantă convergentă nu are limită, ea definește un număr fictiv numit irațional. Două variante echivalente definesc același număr.

În cursurile lui între 1865 și 1866, Weierstrass dezvoltase idei apropiate de cele de mai sus, dar mai complicate. Încercînd să simplifice doctrina lui Weierstrass, G. Cantor și H.E. Heine au emis în 1872 aceleași idei ca și Méray. În același an, R. Dedekind a făcut cunoscută definiția dată de el numerelor iraționale prin tăieturi în mulțimea numerelor raționale, teorie

care a devenit mai tîrziu clasică (*Stetigkeit und Irrationale Zahlen*, Braunschweig, 1872).

Numărul, structurat şi construit, începe astfel să înlăture segmentul, mai intuitiv, dar mai puţin precis, iar aritmetica ia locul geometriei în analiză.

De altfel, atît în teoria ecuaţiilor diferenţiale cît şi în teoria generală a funcţiilor, cercetările, din cauza subtilităţii lor şi cu scopul de a analiza mai îndeaproape anomaliile, trebuie să ia din ce în ce mai mult în consideraţie proprietăţile specific aritmetice ale coordonatelor sau ale afixelor. Aceasta însemna aritmetizarea matematicii, fenomen semnalat în special de Felix Klein.

HENRI POINCARÉ. Henri Poincaré (1854—1912) a fost şi va mai fi citat de numeroase ori în acest volum. Totuşi, o parte importantă a operei lui nu va fi evocată decît în volumul dedicat secolului al XX-lea.

După ce termină liceul la Nancy, Poincaré intră în 1873 la Şcoala politehnică ca şef de promoţie. Trece apoi la Şcoala de mine de unde este numit, în 1879, la Vesoul, în calitate de inginer la Serviciul minelor. În 1878, îşi susţine teza de doctorat asupra proprietăţilor funcţiilor definite prin ecuaţii cu derivate parţiale. Se ocupă de lucrările lui Hermite şi publică memorii asupra teoriei formelor şi aplicării geometriei neeuclidiene la teoria formelor pătratice. Studierea unui memoriu al lui L. Fuchs îl conduce la descoperirea în 1881 a funcţiilor automorfe. De la începutul anului 1880 predă analiza la Facultatea de ştiinţe din Caen. În octombrie 1881, este numit conferenţiar la Facultatea de ştiinţe din Paris, unde va preda, rînd pe rînd, analiza, mecanica cerească şi fizica matematică. Ocupă apoi o catedră la Şcoala politehnică, din 1904 pînă în 1908. Membru al Academiei de Ştiinţe în 1887 şi al Academiei Franceze în 1909, Poincaré moare în 1912 în urma unei operaţii chirurgicale.

„Printr-o activitate neîncetată şi permanent inovatoare, el parcurge toate domeniile matematice şi fizice cunoscute pe timpul lui, desprinzînd din ele principiile filozofice şi descoperind multe alte domenii de cercetări, astfel că nu există aproape nici un domeniu matematic actual pe care să nu-l fi înrîurit, sau asupra căruia să nu-şi fi lăsat amprenta" (G. Julia, 1954).

Reamintim, în sfîrşit, importanţa scrierilor sale filozofice care l-au făcut cunoscut marelui public şi care au fost adunate în *La science et l'hypothèse* (1906), *La valeur de la science* (1913), *Science et méthode* (1908) şi *Dernières pensées* (1913). Lectura lor rămîne mereu captivantă şi creatoare.

D. TEORIA MULŢIMILOR

Încă de pe timpul filozofilor greci Zenon din Eleea, Eudoxos şi Arhimede, infinitul i-a pasionat şi i-a frămîntat pe matematicieni. Scolasticii evului mediu, şi, după ei, creatorii calculului infinitezimal din secolul al XVII-lea, s-au lovit în acest domeniu de numeroase paradoxuri. Pot fi citaţi, din acest

punct de vedere, Galilei și discipolul său Torricelli. În 1727, Fontenelle a încercat să elaboreze o sinteză, care s-a dovedit lamentabilă. În secolul al XIX-lea, Bolzano, în *Paradoxien des Unendlichen*, publicată în 1851, atrage atenția asupra proprietății pe care o au mulțimile infinite de a fi puse în corespondență perfectă cu una din părțile lor. Mai poate fi menționat, de asemenea, și Paul du Bois-Reymond cu studiile sale asupra creșterii funcțiilor. Dar Georg Cantor (1845—1918) a fost acela care a desprins din studiile sale asupra funcțiilor de variabilă reală și, în special, din cele asupra seriilor Fourier o doctrină nouă care a exercitat asupra matematicienilor de mai tîrziu o influență considerabilă. Ne referim la teoria mulțimilor.

GEORG CANTOR. Născut la Petersburg în anul 1845, dintr-o familie evreiască originară din Portugalia, Georg Cantor a studiat la liceul din Wiesbaden și apoi la Zürich. Începînd din 1863, și-a orientat pașii spre știința teoretică și a fost, la Berlin, elevul lui Kummer, al lui Weierstrass și al lui Kronecker. Teza lui de doctorat din 1867, dedicată teoriei numerelor, nu dă posibilitatea să se prevadă direcția în care se vor îndrepta lucrările lui de mai tîrziu. Lector la Universitatea din Halle în 1869, profesor suplinitor în 1872 și profesor titular în 1879, Cantor n-a reușit să obțină vreodată o catedră la Berlin. În 1884, au început să se manifeste primele simptome ale unei boli mintale. Totuși, perioadele de sănătate i-au permis să-și continue lucrările. În decursul unui asemenea răstimp, el a obținut să i se transforme catedra de matematică într-o catedră de filozofie. A murit la Halle, la 6 ianuarie 1918.

Lucrările sale pline de originalitate în legătură cu mulțimile au debutat în 1873 printr-un prim articol, urmat de lucrări mai mari apărute între 1878—1883, și apoi, între 1895—1897: Descoperirea numerelor transfinite, de exemplu, datează din 1879.

În 1897, Cantor scria (traducere F. Marotte, 1899):

„Numim *mulțime* orice reuniune M de obiecte m care pot fi concepute de către noi, determinate și perfect distincte, pe care le vom numi *elementele* lui M.

Numim *putere* sau *număr cardinal* al lui M noțiunea generală pe care o deducem din M cu ajutorul facultății noastre de a gîndi, făcînd abstracție de natura diferitelor elemente m și de ordinea lor.

Spunem că două mulțimi M și N sînt echivalente și scriem $M \sim N$ sau $N \sim M$ atunci cînd avem posibilitatea să le asociem, astfel ca fiecărui element al uneia din ele să-i corespundă unul și numai un singur element din cealaltă... În cazul acesta, și numai în acest caz, două mulțimi au același număr cardinal, dacă sînt echivalente..."

Mulțimea numerelor întregi naturale are o putere reprezentată prin $\aleph_0$ (alef-zero). Toate mulțimile echivalente cu ea sînt numite numărabile.

În 1873, Cantor dovedise pe de o parte că mulțimea numerelor algebrice este numărabilă, și pe de altă parte că mulțimea numerelor reale nu este numărabilă. Existența numerelor transcendente era demonstrată astfel printr-un procedeu cu totul independent de lucrările lui Liouville.

Cantor mai arată că asupra numerelor cardinale (sau puterilor) se pot defini o operaţie de adunare şi o operaţie de înmulţire „supuse legilor comutative, asociative şi distributive"

El defineşte astfel ridicarea la putere:

„Fiind date două mulţimi N şi M, legea care face să corespundă fiecărui element din N, un element determinat din M, realizează o reprezentare a lui N pe M. Reuniunea tuturor reprezentărilor distincte ale lui N pe M formează mulţimea *exponenţială* a lui N cu M. Numărul cardinal al mulţimii exponenţiale depinde de numerele cardinale a al lui M şi b al lui N. El le notează a^b. În felul acesta, puterea continuului este $2^{\aleph_0}$".

NUMERELE ORDINALE TRANSFINITE. Luînd în consideraţie mulţimile *simplu ordonate*, adică acelea în care se poate stabili între elemente o ordine liniară, Cantor introduce noţiunea de *tip ordinal*. El înţelege prin aceasta „noţiunea generală care rezultă din M atunci cînd facem abstracţie de natura elementelor lui M, dar nu şi de ordinea în care se succed"

Două mulţimi ordonate de acelaşi tip sînt numite asemenea. Ele au întotdeauna aceeaşi putere sau acelaşi număr cardinal. Două mulţimi ordonate echivalente pot însă să nu fie asemenea în cazul cînd au o infinitate de elemente. Toate tipurile de aceeaşi putere formează o „clasă de tipuri". Asupra tipurilor se poate defini o adunare şi o înmulţire. Adunarea este asociativă, dar nu este comutativă. Acelaşi lucru se poate spune şi despre înmulţire care nu este distributivă în raport cu adunarea, decît atunci cînd înmulţitorul este o sumă.

Tipul numerelor întregi naturale este ω, iar tipul numerelor raţionale cuprinse între 0 şi 1, aranjate în ordine crescătoare, este ζ. Dacă o mulţime simplu ordonată de putere $\aleph_0$ nu are nici un element de rang inferior sau superior tuturor celorlalte, şi dacă este densă peste tot, atunci este de tipul ζ. Tipul continuului liniar este 0. Cantor îi determină caracterele, printre care este şi acela de a fi perfect, o noţiune abstractă care revine la convergenţa şirurilor Cauchy. Orice mulţime perfect ordonată M şi conţinînd o submulţime de putere $\aleph_0$ densă peste M, este de tipul θ.

„Printre mulţimile simplu ordonate, trebuie acordat un loc special *mulţimilor bine ordonate*. Tipurile lor ordinale, pe care le vom numi *numere ordinale*, dau elementul natural al unei definiţii precise a numerelor transfinite superioare".

O mulţime F este bine ordonată „atunci cînd elementele ei f se ordonează, începînd de la un element f_1, într-o succesiune determinată, astfel încît să existe în F un element iniţial f_1, şi, dacă F' este o parte a lui F, iar F are unul sau mai multe elemente de rang mai mare decît toate elementele lui F, atunci există un element f' al lui F care urmează imediat mulţimea F', astfel ca în F să nu existe nici un element al cărui rang să îl aşeze între F' şi f'."

În ceea ce priveşte fondul ei, această definiţie datează din 1883.

Numerele ordinale formează ele însele o mulţime bine ordonată în care se poate defini o adunare şi o înmulţire.

Aceste două operaţii au proprietăţile următoare:

$$\alpha < \alpha + \beta, \quad \beta \leqslant \alpha + \beta.$$

Adunarea este asociativă, dar necomutativă, și egalitatea $\alpha + \beta = \alpha + \gamma$ are drept consecință $\beta = \gamma$.

Înmulțirea este asociativă, dar necomutativă:

$$\alpha(\beta + \gamma) = \alpha\beta + \alpha\gamma;$$

$\alpha\beta = \alpha\gamma$ are totdeauna drept consecință $\beta = \gamma$.

Dacă $\beta > 1$, atunci $\alpha\beta > \alpha$, iar $\alpha\beta \geqslant \beta$.

Numerele ordinale finite coincid în ceea ce privește proprietățile lor cu numerele cardinale finite. Ele formează prima clasă numerică. Cea de a doua clasă este aceea care corespunde mulțimilor bine ordonate de putere $\aleph_0$. Cel mai mic număr pe care ea îl conține este ω, tipul de ordine al mulțimii numerelor naturale. Puterea celei de a doua clase este egală cu cel de al doilea număr cardinal transfinit $\aleph_1$ (alef-unu). Cantor construiește un întreg algoritm al numerelor ordinale de clasa a doua, inclusiv ridicarea la putere.

De la această a doua clasă, numerele transfinite se pot extinde oricît de mult.

Ideile revoluționare ale lui Cantor au stîrnit, chiar de la apariția lor, opoziții înverșunate, mai ales din partea lui Kronecker. Minți excepționale, ca aceea a lui Hermite, au rămas în mod deliberat — „anticantoriene", fiindcă matematicienii se împărțiseră, ca să spunem așa, în două tabere. Chiar dacă concepțiile lui Cantor nu au rezistat toate la focul criticii, esențialul lor a rămas cîștigat pentru știință și au reprezentat un stimulent puternic pentru matematicienii generației următoare. Fără să intrăm prea mult în istoria secolului al XX-lea, putem reaminti aici numele cîtorva matematicieni francezi care au găsit în ideile lui Cantor o sursă rodnică de inspirație: în primul rînd Camille Jordan, care a înțeles întotdeauna să-și țină cursurile de la Școala politehnică și de la Collège de France la nivelul ultimelor progrese ale științei, și apoi, J. Tannery, Émille Borel, René Baire, Henri Lebesgue ș.a.

E. TEORIA NUMERELOR

În ceea ce privește teoria numerelor, secolul al XIX-lea începe cu operele lui Legendre și Gauss care sistematizează contribuțiile secolului precedent și oferă noului secol atît metodele, cît și problemele.

LEGENDRE. Opera lui Adrien-Marie Legendre se extinde din 1798 pînă în 1830, începînd cu *Essai sur la théorie des nombres*, reeditată în 1880 cu asemenea modificări „încît aproape jumătate din volum a devenit o operă nouă", continuînd cu suplimentele la această lucrare (1816 și 1825) și terminînd, în 1830, cu *Théorie des nombres* (2 vol.). Regăsim și aici, ca și în teoria funcțiilor eliptice, pe muncitorul perseverent care își așază într-una țesăturile pe stative, pînă la ultima lui suflare.

Importantă încă pentru a fi consultată, mai ales datorită numeroaselor tabele pe care le conține, această operă are drept temelie principală teoria fracțiilor continue, a cărei fertilitate Lagrange o arătase încă din 1767.

GAUSS. Opera fundamentală a lui Gauss, *Disquisitiones Arithmeticae* (1801; traducere în franceză, *Recherches arithmétiques*, 1806), oferă un contrast evident cu aceea a lui Legendre. Este o operă de tinereţe pe care autorul n-a scos-o decît într-o singură ediţie. Ea atinge perfecţiunea şi a fost cea mai bună sursă de inspiraţie pentru toţi teoreticienii de mai tîrziu ai numărului.

Această operă poate servi ca exemplu pentru necesitatea unei rigurozităţi meticuloase în matematică. Din acest punct de vedere şi începînd cu ea, teoria numerelor depăşeşte de departe toate lucrările elaborate în teoria funcţiilor sau în geometrie, pînă cel puţin la jumătatea secolului. Împreună cu algebra pură, ea stă la originea matematicii moderne, aşa cum le va concepe secolul al XX-lea.

CONGRUENŢELE. Noţiunea de congruenţă, sau mai precis, notaţia prin congruenţe şi terminologia respectivă, este introdusă de Gauss încă de la începutul lucrării sale.

„Dacă un număr a este un divizor al diferenţei dintre numer le b şi c, atunci b şi c sînt numite *congruente* după a, iar în caz contrar *necongruente*. Numărul a se va numi modulul. Fiecare din numerele b şi c este *restul* celuilalt în primul caz şi *nonrestul* în cel de al doilea.

Vom indica congruenţa a două numere prin semnul $\equiv$, la care vom adăuga, dacă va fi necesar, modulul închis între paranteze. Astfel $-16 \equiv 9 \pmod 5$, $-7 \equiv 15 \pmod{11}$."

Această extindere a noţiunii de egalitate, pe care Cauchy va prefera să o numească „echivalenţă", este primul exemplu de clase de echivalenţă, care joacă un rol aşa de important în toate domeniile actuale ale matematicii.

Congruenţele de gradul unu nu prezintă dificultăţi deosebite, cel puţin în cazul cînd modulul este număr prim. Însă congruenţele de gradul doi pun deja problema resturilor pătratice. În secolul precedent, legea reciprocităţii acestor resturi, studiată, în ceea ce priveşte fondul ei, de Euler, a fost scoasă în evidenţă, în 1785, de Legendre. Gauss, care a demonstrat-o în mod riguros în 1796, i-a dat şase demonstraţii. De aceeaşi lege s-au ocupat mai tîrziu, printre alţii, Dirichlet şi Kronecher.

IMAGINARELE LUI GALOIS. O congruenţă de gradul n are, în raport cu un modul prim p, cel mult n rădăcini atunci cînd $n<p$.

Galois a avut în 1830 ideea genială de a introduce numere fictive („imaginarele lui Galois"), asemănătoare numărului imaginar i din algebră, care permiteau ca fiecărei congruenţe să i se atribuie exact n rădăcini.

Modul în care Galois prezentase această nouă teorie era destul de paradoxal. Dar Dedekind, urmat de Serret în Franţa, a redus această metodă la un studiu de congruenţe pe de o parte relative la un modul numeric p, şi pe de altă parte relative la un modul care este un polinom prim, construit peste corpul resturilor modulo p. Introducerea de către Galois a rădăcinilor imaginare de congruenţe nu numai că a condus la o extindere însemnată a teoriei numerelor,

dar a deschis și calea unor importante generalizări ale teoremelor elaborate prin metodele clasice în probleme ca acelea privind grupurile de congruențe liniare.

FORMELE PĂTRATICE. În teoria numerelor, o formă pătratică este o expresie omogenă de gradul doi în raport cu variabilele $x,y,z,\ldots, t$, care nu ia decît valori întregi, și ale cărei coeficienți sînt și ei numere întregi. Dacă are două variabile, forma este numită binară, dacă are trei variabile, ternară etc. Un număr dat se numește reprezentabil printr-o formă pătratică, atunci cînd variabilelor li se pot da valori astfel încît forma să fie egală cu numărul dat.

Prima idee de transformare, reducere și echivalență a formelor binare se datorează lui Lagrange (1767). Legendre în *Essai* (mai întîi 1795 și apoi în 1808) a reluat aceleași cercetări, completîndu-le. Gauss a perfecționat lucrările lui Lagrange. El scrie în *Disquisitiones*:

„Din cauză că multe din lucrurile pe care le-am tratat pînă acum au mai fost tratate și de alți geometri, nu ne putem permite să le trecem sub tăcere lucrările. Lagrange a făcut în 1773 și 1775 cercetări generale asupra echivalenței formelor, prin care dovedește, în special, că pentru un determinant oarecare dat se poate găsi un număr finit de forme, astfel ca orice formă a aceluiași determinant să fie echivalentă cu una din ele, și că, în consecință, toate formele unui determinant dat pot fi distribuite pe clase. Apoi, Legendre a descoperit mai multe proprietăți elegante ale acestei clasificări, dar în cea mai mare parte prin inducție, astfel că noi le vom da cu demonstrații. De altminteri, nimeni nu s-a gîndit încă pînă la ei să facă distincție între echivalența proprie și echivalența improprie, de a căror folosire trebuie să se țină seama în cercetările subtile.

Faimoasa problemă de găsire a tuturor soluțiilor în numere întregi ale ecuației generale de gradul doi cu două necunoscute a fost rezolvată complet de Lagrange în 1767. Însuși Euler atacase mai înainte aceeași problemă, dar el și-a mărginit investigațiile la deducerea tuturor soluțiilor dintr-o singură soluție pe care o presupunea cunoscută. De altfel, metodele sale nu dau toate soluțiile decît într-un număr redus de cazuri".

Lucrarea lui Gauss a continuat să ocupe multă vreme o poziție centrală în literatura de specialitate, deși mai multe din metodele lui fuseseră simțitor simplificate de Dirichlet și, într-o mai mică măsură, de Arndt și Mertens.

În 1851, Hermite și-a dezvoltat metoda lui fundamentală de reducere continuă. Strîns legată de această metodă este teoria geometrică introdusă de H.J.S. Smith în 1876, aplicată mai întîi de el la funcțiile modulare eliptice și apoi simplificată de Hurwitz (1894), Klein (1890—1896) și Humbert (1916—1917). Un obiectiv analog fusese atins de Dedekind în 1877 și de Hurwitz în 1881 cu ajutorul echivalenței numerelor complexe.

Selling a publicat în 1874 cîteva metode importante de reducere, atît a formelor definite, cît și a celor nedefinite. În 1880, Poincaré a publicat, la rîndul lui, dezvoltări ale metodelor de reprezentare a numerelor $a + b\sqrt{D}$ prin puncte și a formelor prin rețele, și a elaborat, în 1881 și în 1905, invarianți

aritmetici transcendenţi. Kronecker (în 1883) şi Stouff (în 1889) au studiat reducerea şi echivalenţa în legătură cu unele tipuri speciale de substituţii. Cercetările făcute de Markov în 1879 asupra limitei superioare a minimului formelor au fost recapitulate de Schur şi de Frobenius în 1913, şi de Humbert în 1916.

Încă din 1842, Dirichlet luase în considerare forme pătratice binare în corpul lui Gauss, de care ne vom ocupa mai departe.

Ca simplă digresiune, Gauss a făcut un studiu preliminar al formelor pătratice ternare, cu scopul de a determina numărul genurilor formelor binare. El a mai studiat de asemenea în mod special problema reprezentării formelor binare prin forme ternare. Seeber (1831) a fost primul care a obţinut inegalităţi cuprinzînd coeficienţii unei forme pozitive ternare în fiecare clasă de determinant dat. Metoda şi demonstraţiile lui sînt foarte complicate. În analiza cărţii lui Seeber, Gauss a expus o reprezentare geometrică simplă a formelor pozitive. Dirichlet (1850) a mers mai departe şi a definit un paralelipiped fundamental redus care corespundea fiecărei forme pozitive reduse, înlocuind astfel calculele lui Seeber prin intuiţia geometrică. În 1850—1851, Hermite a elaborat teoriile sale aritmetice de reducere a formelor pătratice cu n variabile, definite şi nedefinite, în special teoria „reducerii continue". Între timp, Eisenstein îşi începuse importantele studii asupra genului, asupra ponderii ordinului şi a genului, precum şi asupra numărului de clase. O nouă metodă de reducere, elaborată de Selling în 1874, a fost simplificată de Charve (1880), de Poincaré (între 1881 — 1902) şi de Got (1913).

MAREA TEOREMĂ A LUI FERMAT. CORPURI DE NUMERE ALGEBRICE. IDEALE. În notele sale personale, Fermat afirmase imposibilitatea ecuaţiei în numere întregi $x^n + y^n = z^n$ pentru $n \geqslant 3$. Totuşi, în public, el nu propunea decît cazurile $n = 3$ şi $n = 4$.

Euler le rezolvă pe amîndouă, dar în timp ce pentru 4 foloseşte direct coborîrea infinită, pentru 3 este condus să rezolve ecuaţia $p^3 + 3 =$ un cub.

„Nu avem decît să presupunem, spune el, că $p + q\sqrt{-3} = (t + u\sqrt{-3})^3$". Această presupunere, de altfel destul de arbitrară, îi permite să amorseze coborîrea infinită. Ceea ce este de remarcat în acest caz, este introducerea imaginarelor în teoria numerelor. Intervenţia lui Euler este lipsită de rigoare, şi asta într-un domeniu în care rigoarea este esenţială.

Pentru a reveni pe un teren solid, existau două căi. Prima cale rămînea în domeniul raţionalului şi al realului şi conducea la studiul aprofundat al formelor pătratice. I-am reamintit istoricul mai sus. Cea de a doua cale urma să facă loc iraţionalului şi imaginarului prin extinderea conceptului de număr întreg. Această din urmă cale a fost deschisă printr-o lucrare a lui Gauss din 1832, determinată de studiile sale asupra resturilor bipătratice. Gauss dovedea că legile aritmeticii elementare se aplicau numerelor întregi complexe $a + bi$, în care a şi b erau numere naturale.

Între timp, metodele clasice îi permiteau lui Legendre și lui Dirichlet să demonstreze teorema lui Fermat pentru $n = 5$ (în 1825), precum și lui Lamé și V.A. Lebesgue pentru $n = 7$ (în 1840).

Tot pe atunci, Kummer se angajează în demonstrarea acestei teoreme, extinzînd noțiunea de numere întregi la complexele de forma

$$a_0 + a_1 r + a_2 r^2 + \ldots + a_{n-1} r^{n-1},$$

unde a_i sînt numere întregi, iar r o rădăcină primitivă a ecuației $r^n = 1$.

Un timp, Kummer a socotit că în corpul astfel creat, ca și în acela lui Gauss, teoria clasică a factorilor primi se generaliza în întregime și că el reușise așadar să demonstreze teorema. Dirichlet îi atrase însă atenția că generalizarea era eronată. Kummer reuși să înlăture în parte dificultatea prin inventarea numerelor ideale (1844).

Aceeași problemă îi preocupa și pe matematicienii francezi și a făcut obiectul lucrărilor și discuțiilor Academiei de Științe, cu care prilej, cam prin 1846—1847, Lamé, Wantzel și Cauchy căzură în eroarea inițială a lui Kummer. Acesta din urmă îi scrie lui Liouville, la 28 aprilie 1847:

„Cît despre propoziția elementară privind aceste numere complexe care afirmă că un număr complex nu poate fi descompus în factori primi decît într-un singur fel, lucru pe care îl regretați cu toată dreptatea în legătură cu această demonstrație, de altfel defectuoasă și din alte puncte de vedere, pot să vă asigur că ea nu este valabilă în general cînd este vorba de numere complexe de forma $a_0 + a_1 r + \ldots + a_{n-1} r^{n-1}$, dar că poate fi salvată introducînd un nou tip de numere complexe, pe care le-am numit numere complexe *ideale*.

Aplicațiile acestei teorii la demonstrarea teoremei lui Fermat mă preocupă de multă vreme și am reușit să fac ca imposibilitatea ecuației $x^n + y^n = z^n$ să depindă de două proprietăți ale numărului n, astfel că ceea ce mai rămîne de făcut este să se analizeze dacă aceste proprietăți le au toate numerele prime..." („Journal de mathématiques pures et appliquées", vol. XII).

În 1849, Kummer demonstra teorema lui Fermat pentru toate numerele prime n care nu figurează printre factorii numărătorului primelor $(n-3)/2$ numere ale lui Bernoulli. Din prima sută, singurele numere care se sustrăgeau demonstrației erau 37, 59 și 67.

De atunci încoace s-au obținut rezultate importante, dar marea teoremă a lui Fermat mai rămîne, și la mijlocul secolului al XX-lea, o enigmă încă nerezolvată a științei.

Între timp, lucrările lui Kummer deschiseseră un domeniu cu totul nou de cercetări: acela al corpurilor de numere algebrice. Teoria lui asupra numerelor ideale a fost transformată în special de Dedekind, în 1871, în teoria idealelor care s-a dovedit a fi dintre cele mai rodnice.

Teoria corpurilor de numere algebrice este pe de o parte rezultatul lucrărilor din secolul al XIX-lea în legătură cu algebra și, în special, cu teoria ecuațiilor, iar, pe de altă parte, rezultatul lucrărilor asupra teoriei numerelor. Această teorie este unul din izvoarele cele mai bogate, de la care se vor inspira matema-

ticienii secolului al XX-lea. Printre matematicienii care s-au remarcat la elaborarea ei vom cita pe R. Dedekind, G. Frobenius, D. Hilbert (al cărui raport din 1897 asupra teoriei corpurilor de numere algebrice reprezintă o operă monumentală, de importanţă primordială), A. Hurwitz, L. Kronecker şi H. Weber.

REPARTIŢIA ASIMPTOTICĂ A NUMERELOR PRIME. Chiar dacă teorema lui Fermat a orientat categoric teoria numerelor către extinderile noţiunii de număr întreg, aducînd-o în legătură foarte strînsă cu algebra, alte probleme lăsate moştenire de secolele precedente o vor îndruma spre teoria funcţiilor şi, în special, spre teoria funcţiilor analitice.

Este vorba, pe de o parte, de problema partiţionării numerelor, propusă de Euler (tipul problemelor aritmetice care pot fi rezolvate prin folosirea seriilor întregi), iar pe de altă parte, de problemele de repartiţie asimptotică a numerelor prime (puse de Legendre), de problema lui Waring (determinarea numărului de reprezentări ale unui număr n ca sumă de numere pozitive la puterea k, care are o oarecare legătură cu teoria formelor, şi de ipoteza atribuită lui Goldbach (orice număr par este suma a două numere prime impare, 1742).

Aceste probleme fac să intervină un tip de funcţii analitice, dintre care cea mai vestită este funcţia zeta a lui Riemann.

Se ştie că seria $1 + \frac{1}{2^s} + \frac{1}{3^s} + \ldots + \frac{1}{n^s} + \ldots$ este convergentă dacă partea reală a lui s este mai mare decît 1. Limita ei este deci o funcţie de s (funcţia zeta) definită pentru valorile corespunzătoare ale lui s.

Gauss a socotit empiric, la vîrsta de 14 ani (1791), că dacă $\pi(x)$ este numărul numerelor prime mai mici decît x, atunci $\pi(x) \simeq \frac{x}{\log x}$ pentru numere mari. Legendre, procedînd tot pe cale empirică şi independent de Gauss, afirma, în 1795, că $\pi(x) = \frac{x}{A \log x + B}$, precizînd apoi, în 1808, că $\pi(x)$ este aproximativ egal cu $\frac{x}{\log x - 1{,}08366}$.

Pînă în 1838, Dirichlet a acceptat acest rezultat, pentru ca mai tîrziu să-l înlocuiască cu logaritmul integral al lui x. Pentru necesităţile teoriei substituţiilor, J. Bertrand a enunţat, în 1845, următorul postulat: pentru orice număr $n > 6$ există cel puţin un număr prim cuprins între $n/2$ şi $n - 2$. El a verificat postulatul pentru $n < 6 \cdot 10^6$.

Cebîşev a demonstrat postulatul lui Bertrand în 1854, iar în 1851 a arătat că valoarea dată de Legendre nu putea fi o valoare asimptotică a lui $\pi(x)$. El este primul matematician care a dat în această problemă raţionamente riguroase. A fost urmat, în 1859, de Riemann, care a folosit funcţia sa zeta (un caz particular important al seriilor lui Dirichlet), apoi de La Vallée-Poussin, J. Hadamard şi Landau care au extins cîmpul cercetărilor la repartiţia numerelor prime făcînd parte din serii date, sau din forme date.

Pentru rezolvarea problemei lui Waring se poate căuta un număr $g(k)$ în aşa fel ca orice număr să fie suma a cel mult $g(k)$ numere la puterea k. Se mai poate căuta

un număr $G(k)$ în așa fel încît orice număr, *suficient de mare*, să fie suma a cel mult $G(k)$ numere la puterea k.

Liouville a făcut primul pas spre rezolvarea acestei probleme atunci cînd a dovedit (în 1859), pe o cale elementară, că $g(4)$ există și că este mai mic ca 53. Wieferich a arătat în 1909 că $g(4) \leqslant 37$. În prezent nu se cunoaște însă nici un număr care să poată fi descompus ca sumă a mai mult de 19 puteri a 4-a de numere naturale.

În 1909, David Hilbert a stabilit existența celor două numere $g(k)$ și $G(k)$, pentru orice valoare a lui k. În acest scop, el a putut să dovedească cu ajutorul integralelor definite existența, pentru orice valoare a lui k, a unor identități algebrice analoage aceleia care îi dăduse lui Liouville posibilitatea să demonstreze existența lui $g(4)$.

NUMERELE TRANSCENDENTE. Încă din antichitatea greacă, matematicienii au cunoscut mărimile iraționale, devenite odată cu evoluția conceptelor și a limbajului matematic numerele iraționale. Se bănuia de multă vreme că unele dintre aceste numere, ca de exemplu π, nu erau nici măcar algebrice, adică era imposibil să se găsească o ecuație algebrică cu coeficienți raționali care să le aibă drept rădăcini.

Algoritmul fracțiilor continue îi arătase lui Euler și lui Lagrange că rădăcinile ecuațiilor de gradul doi puteau fi exprimate cu ajutorul fracțiilor continue periodice.

În 1844, Liuoville a găsit o caracteristică a dezvoltării în fracție continuă a oricărui număr algebric și a dovedit că era posibil să se construiască fracții continue neavînd această caracteristică, ceea ce l-a condus la „clase foarte generale de cantități a căror valoare nu este nici algebrică, și nici măcar reductibilă la valori iraționale algebrice". Acestea sînt „numerele transcendente ale lui Liouville". Lucrările lui Georg Cantor asupra mulțimilor au dovedit mai tîrziu existența unei sumedenii de alte numere transcendente.

În 1872, Hermite a obținut un rezultat cu o semnificație mai precisă decît acela al lui Liouville, stabilind cu toată rigurozitatea transcendența numărului e.

Lucrînd în aceeași direcție, Lindemann a demonstrat în 1882 transcendența lui π.

CAPITOLUL III

Probabilităţi şi statistică

Obiectivul esenţial al acestui studiu este istoricul dezvoltării concepţiei probabiliste şi statistice în decursul perioadei care se întinde de la Laplace şi Gauss, pînă în jurul anului 1900.

Această concepţie s-a format prin aportul de concepte noi, iar multe din ideile noi au apărut ca o eflorescenţă naturală în jurul problemelor puse de biologie, şi în special, de ereditate. În afară de aceasta, realităţi aleatoare, din ce în ce mai generale, reieşite fie din jocurile propriu-zise, prelungite la infinit, fie din problemele fizice, au fost studiate în esenţa lor şi în modul cel mai general posibil de către probabilişti. Au fost prilejuite astfel noi şi viguroase dezvoltări ale metodelor analitice, capabile să modeleze şi să domine concepţiile de evoluţie aleatoare care trebuiau în mod normal să completeze şi să îmbogăţească vechile concepţii mai deterministe. În cele ce urmează vom întîlni şi vom studia aceste noţiuni diverse, apariţia şi dezvoltarea lor progresivă.

NOŢIUNEA DE CORELAŢIE. Vom examina mai întîi, din acest punct de vedere, noţiunea de corelaţie (legătură probabilistică sau legătură stochastică).

S-ar putea spune, bineînţeles, că această noţiune rezultă din teorema probabilităţilor compuse (care arată ce sînt variabilele aleatoare nonindependente) şi că singurul lucru ce trebuia făcut era să aşteptăm cu răbdare ca totul să se dezvolte din acest embrion.

Şi totuşi, a trebuit să se aştepte pînă în 1888-1889 pentru ca Galton să înţeleagă clar şi să ne spună ce-i aceea corelaţie, adică modul în care legea de probabilitate a unei variabile aleatoare depinde de valoarea, presupusă fixă, a unei altei variabile aleatoare. Galton a arătat acest lucru pentru populaţia de descendenţi (variabila aleatoare fiind înălţimea) ai căror părinţi au o înălţime dată. Sub imboldul lui Darwin şi, în special, al operei sale fundamentale *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (Londra, 1859), Francis Galton (1822—1911) a creat şcoala biometrică engleză de aplicare în biologie a metodelor statistice. În 1887, el a publicat *Family Likeness in Stature*, iar în 1889 *Natural Inheritance*. Rezultă clar din aceste lucrări că cercetătorul (din domeniul biologiei şi, desigur şi acela din alte domenii) întîlneşte efectiv

și măsoară mărimi care nu sînt de fapt independente. Este aproape sigur că nici Laplace și, după el, nici Gauss nu s-au gîndit la această realitate științifică.

Același lucru se poate spune și despre Bravais, de care s-a vorbit mult, în special în Anglia. De fapt, o interpretare greșită a lui Karl Pearson, datorată unei lecturi prea rapide, atribuia lui Bravais crearea teoriei corelației. Greșeala aceasta a fost îndreptată, dar mult mai tîrziu (în 1920). Memoriul lui Bravais, *Analyse mathématique sur les probabilités des erreurs de situation d'un point* (1846), conține legea generală cu două sau trei variabile, care generalizează legea lui Laplace, studiată și de Gauss drept legea erorilor și asupra căreia vom reveni. Se pare că Bravais a scris mai cu seamă sub influența lui Gauss. El consideră că mărimile *măsurate* urmează legea lui Laplace-Gauss și că ele sînt *independente*. Mărimile analizate vor avea drept erori funcții de gradul unu de aceste erori independente. Aflarea formei pătratice care rezultă din suma pătratelor provenind din variabilele independente m, n, p pentru variabilele analizate X și Y nu este pentru el decît o problemă de algebră.

Există totuși un fapt curios, care poate că l-a impresionat pe Karl Pearson. Bravais afirmă că variabilele comune m, n, p introduc o corelație pentru X și Y (cuvîntul este folosit de Bravais). Dar nici în memoriile lui Gauss din 1809—1823, nici în memoriul lui Bravais, inspirat din acelea ale lui Gauss, nu există nimic ce ar putea fi analog unei legături probabilistice între mărimile măsurate.

În schimb, Galton, vorbind în 1877 despre *Typical Laws of Heredity in Man*, introduce noțiunea de medie condiționată, pe care o numim astăzi $E(y/x)$, adică speranța matematică a variabilei aleatoare y, atunci cînd variabilei aleatoare x i se dă o valoare determinată. În această lucrare, el a vorbit despre reversiune și apoi despre regresiune pentru a defini, în cazul eredității înălțimilor, revenirea descendenților la statura familiei. Un alt fenomen foarte interesant este acela că dispersia condiționată din jurul mediei condiționate este mai mică decît dispersia generală. Apar astfel, în cazul acestor legi exponențiale cu două variabile, două caractere fundamentale ale legăturii stochastice: variația mediilor condiționate (numită regresiune) și micșorarea dispersiei condiționate.

Această școală biometrică, căreia îi datorăm multe, a fost animată de Galton, Weldon și Karl Pearson. Acesta din urmă a fundat în 1901 revista „Biometrika".

MENDELISMUL. Un alt aspect foarte diferit al legilor statistice în biologie urma să apară odată cu Gregor Mendel (1822—1884) care a publicat în 1865, *Versuche über Pflanzenhybriden*, conținînd rezultatele operațiilor de hibridare executate de el asupra tufelor de mazăre din grădina mănăstirii sale[1]. Nimeni n-a acordat însă nici cea mai mică atenție acestei lucrări, iar Mendel a murit fără ca la urechile lui să ajungă vreun ecou cît de slab al mesajului său. Era vorba totuși de o revoluție genială. Pentru a se înțelege acest lucru, a trebuit să se aștepte redescoperirea, în jurul anului 1900, de către Cermak, Correns și de Vries, a legilor lui Mendel care au devenit în prezent baza geneticii.

[1] A se vedea în legătură cu acest subiect și studiul lui M. Caullery și al lui J. — F. Leroy, pp. 533—535.

Atunci cînd această redescoperire a fost făcută, școala statisticienilor și a biometricienilor, care studia și ea problema legilor statistice ale eredității, a făcut mendelismului o opoziție crîncenă. Fără îndoială că legile acestea ale lui Mendel păreau prea simple pentru niște oameni care munciseră atîta și care socoteau că obținuseră alte rezultate.

De fapt, urma să se constate că rezultatele măsurătorilor făcute de biometricieni erau într-o concordanță perfectă cu legile lui Mendel, care ofereau o explicație completă legilor empirice stabilite de ei. Era suficient să se considere că măsurătorile rezultă din însumarea unui număr de factor mendeleieni, adică să se facă ceea ce numim azi analiză factorială. Se constată atunci mai întîi, și ca urmare a rezultatelor lui Laplace și ale succesorilor lui, că aceste legi sînt aproape de forma numită a lui Laplace-Gauss și că valoarea experimentală a coeficienților de corelație se explică prin reuniunea factorilor mendeleieni. Aceste lucrări, începute de Karl Pearson în 1903 și continuate foarte aprofundat de R.A. Fischer, își păstrează și acum întreaga lor forță creatoare.

ROLUL LUI QUETELET. Atunci cînd este vorba de fenomenele colective aleatoare, nu se poate trece sub tăcere opera savantului belgian Adolphe Quetelet (1796—1874). Venit la Paris în 1823 ca să se documenteze asupra astronomiei, el i-a cunoscut aici pe Fourier, pe Poisson și pe Lacroix, precum și ideile lui Laplace. Vom reveni la legea care a fost numită a numerelor mari, al cărei caracter general l-a dezvoltat Poisson. Quetelet s-a întors în patrie entuziasmat de calculul probabilităților și de legile pe care le bănuia că există în domeniul social. Nu-i nici o îndoială că această speranță era perfect îndreptățită în ansamblul ei și că statistica și studiul populațiilor trebuiau să dezvăluie adesea regularități statistice, atît pe medii, cît și în structura repartiției.

Quetelet a avut o influență considerabilă și o eficacitate maximă în constituirea societăților naționale și internaționale de statistică.

El mai avea pe deasupra și un mare talent literar, desigur mult farmec și o mare putere de muncă pusă în serviciul unei curiozități științifice foarte cuprinzătoare. Cîteodată s-a bucurat poate de un succes prea mare în introducerea unor anumite noțiuni, cum a fost „predispoziția spre sinucidere". Ținea mult la felul acela de moleculă convențională a lumii sociale pe care o numea „omul mijlociu". Joseph Bertrand a luat în rîs, și încă cu mult spirit, această noțiune, cu toate că și el ar putea fi luat peste picior fiindcă n-a observat că în „omul mijlociu" era ceva foarte important.

S-ar putea să surîdem atunci cînd îl auzim pe Quetelet spunîndu-ne: „Urna pe care o interogăm este natura", deși — așa cum a observat Keynes — ar trebui să medităm foarte adînc în cazul că cineva ar face remarca: „Natura pe care o interogăm este o urnă".

LEGEA NUMERELOR MARI. Una din preocupările lui Jacques Bernoulli o formau fenomenele colective aleatoare. O altă problemă care îl preocupa era, așa după cum se poate vedea din *Ars Conjectandi*, arta de a urmări un scop, pe care o numim astăzi teoria deciziilor. În legătură cu fenomenele colective

aleatorii, care apar în evenimentele des repetate și în studiul populațiilor foarte numeroase, se pare că Jacques Bernoulli ar fi fost primul care a încercat să demonstreze o propoziție fundamentală (numită cîteodată legea hazardului), care se poate enunța astfel:

Repetînd un timp destul de îndelungat o experiență de probabilitate constantă p și fixînd pentru p o aproximație oarecare, dacă se construiește frecvența constantă f_n (raportul dintre numărul de succese și acela al încercărilor), probabilitatea de a se vedea această frecvență apropiindu-se de p, în modul fixat, poate fi adusă oricît de aproape dorim de unitate.

Această teoremă a matematicii este legată de real prin convenții naturale. De Moivre, care a scris asupra acestor subiecte începînd din 1711 (*Ars Conjectandi* a apărut în 1713, după moartea lui Jacques Bernoulli), a demonstrat în 1733, pe o cale mult mai subtilă, că legea asimptotică a abaterii reduse era de fapt legea numită în zilele noastre, legea lui Laplace-Gauss. Aceasta este prima lege a numerelor mari. Dar numele acesta pe care i-l dăm noi a fost introdus de fapt de către Poisson în lucrarea sa din 1837, *Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile, précédées des règles générales du Calcul des probabilités*. Vom spune în treacăt că titlul acestei lucrări, care indică în primul rînd materiile cărora, după părerea lui Poisson, li se acorda mai multă importanță de către cititori, arată în ce măsură îl influențase Condorcet pe Laplace și pe Poisson, precum și pe Lacroix și pe Cournot.

În această lucrare, Poisson a insistat în mod deosebit asupra generalizării rezultatelor la care ajunseseră Bernoulli, Moivre și Laplace. El a numit-o „legea numerelor mari" și a demonstrat-o foarte precis atunci cînd a pus-o în ecuație. Cînd vorbea de ea, el îi dădea cea mai vastă extindere, spunînd că puține erau fenomenele care i se sustrăgeau:

„Lucrurile de orice natură sînt supuse unei legi universale care poate fi numită legea numerelor mari. Din aceste exemple foarte diferite rezultă că legea universală a numerelor mari este pentru noi de pe acum un fapt general și cert, rezultînd din experiențe ce nu se contrazic niciodată" (*Recherches*, p. 12, pp. 246 și urm.).

Se va înțelege, de aceea, entuziasmul de care a fost pătruns spiritul lui Quetelet în cursul șederii sale la Paris. Ar fi fost totuși cazul să fie ceva mai circumspect. Se știe că Poisson apăra cu toată energia calculele lui Laplace asupra masei lui Jupiter precum și precizia pretinsă de autorul *Mecanicii cerești*, precizie pe care posteritatea a dovedit-o drept exagerată. Aceasta este problema în legătură cu care redutabilul Poinsot a spus și cîteva cuvinte despre calculul probabilităților. „După ce se calculează probabilitatea unei erori, a scris el, ar trebui calculată probabilitatea unei erori de calcul".

Nu este mai puțin adevărat că, sub forma dată de Bernoulli, legea numerelor mari era foarte bine demonstrată datorită introducerii de către Moivre a integralei $\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-t}^{+t} e^{-\frac{x^2}{2}}\,dx$.

LAPLACE ȘI TEORIA ERORILOR. Aceeași lege urma să apară sub o formă mai generală, conținînd rezultatul lui Bernoulli drept un caz particular. Dacă medităm asupra originii și generării erorilor de măsurare, se poate considera — și aceasta a fost marea idee a lui Laplace — că o măsurare poate fi legată de fenomene colective aleatoare. Într-adevăr, mărimea pe care o cercetăm (o măsurare topografică sau geodezică, radiația totală a unui astru etc.) este supusă, cu ocazia fiecărei măsurări, unui proces foarte complex de deformare, astfel că în realitate fiecare citire se aplică unei entități făcînd parte dintr-o populație imensă de imagini posibile. Se poate spune, fără îndoială, că aceste imagini sînt destul de asemănătoare. Într-un proces de fabricație industrială însă, ele sînt afectate în mod necesar de ușoare diferențe, pe care Laplace le-a numit erori elementare. Și tocmai aici se manifestă geniul lui Laplace. Cu toate cele ce se știu despre celălalt mare geniu, Gauss, Laplace dovedește în acest caz o superioritate netă asupra lui. Mai întîi, o concepție clară asupra unui mecanism concret posibil. În al doilea rînd, îndrăzneala lui Laplace de a crede că suprapunerea erorilor elementare poate să ducă, în condiții rezonabile, la o lege universală, aplicabilă la rezultatul adunării unui mare număr de variabile aleatoare. Laplace care, după cîte se pare, a reflectat asupra acestei probleme din anul 1780 și pînă în 1810, a deschis o cale rodnică, și anume aceea a legilor limită ale unui legi de probabilitate variabilă, cale pe care primii pași fuseseră făcuți de Moivre. Acesta a fost urmat de Cebîșev (1821—1894), Markov, Liapunov și de alții, iar cercetările din acest domeniu continuă să fie și acum foarte active.

Laplace a avut un mare merit în această căutare asiduă, fiindcă luase mai de mult în considerare o lege posibilă pentru erorile de observație, avînd forma elementară:

$$\frac{1}{2} e^{-\frac{|x-m|}{s}} \frac{dx}{s},$$

în care m este mărimea, iar s un parametru al preciziei.

Cealaltă lege este: $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \frac{dx}{\sigma}$.

Din această cauză, ele sînt numite prima și a doua lege a lui Laplace (se înțelege că se referă la erorile de observație).

Laplace a dat teoremei lui o demonstrație (cu ajutorul funcțiilor caracteristice) care este una din cele expuse și astăzi. Desigur că metoda actuală are o rigoare pe care Laplace n-a atins-o, însă datorită lui, opera a fost bine începută. Prima demonstrație riguroasă, dată de Cebîșev în 1887, a fost simplificată și extinsă de Markov (1912).

Vom mai semnala că în 1783 Laplace a propus să se întocmească tabele pentru funcția $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du$.

Aşa cum spune Karl Pearson, Laplace recunoscuse încă de pe atunci că această lege de probabilitate merita să i se acorde un loc în matematică.

CONVERGENŢA STOCHASTICĂ. Prima expresie a legii numerelor mari, în care legea de probabilitate a variabilei aleatoare frecvenţă f_n care se concentrează din ce în ce mai mult în jurul lui p, introduce o formă de convergenţă care diferă extrem de mult de convergenţa obişnuită a unui şir către o limită. În noua formă, o diferenţă fixată oarecare nu este depăşită decît cu o anumită probabilitate, mică dacă încercările sînt numeroase. Se zice că există convergenţă în probabilitate a lui f_n către p (deşi expresia este modernă, ea se datoreşte lui Bernoulli).

Pot să existe însă şi alte convergenţe stochastice.

De Moivre a fost primul care a dovedit că legea de probabilitate a variabilei reduse $\xi_n = \frac{f_n - p}{\sigma f_n}$ are o repartiţie limită.

Probabilitatea $P[\alpha \leqslant \xi_n \leqslant \beta]$ are drept limită pe $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_\alpha^\beta e^{-\frac{x^2}{2}} dx$.

Această convergenţă în repartiţie este deci şi ea o noţiune foarte veche.

În schimb, o altă formă de convergenţă, care ar fi fost foarte firesc să fie luată în considerare, n-a apărut decît mult mai tîrziu. O semnalăm înainte de a reveni asupra ei, atunci cînd vom vorbi despre variabilele aleatoare cu o infinitate de dimensiuni.

Un şir infinit de variabile aleatorii poate fi reprezentat prin notaţia $A(n\alpha)$, în care n este un indice întreg, iar α arată că valoarea lui A a fost dată de o operaţie aleatoare. În aceste condiţii, se poate întîmpla sau nu, ca pentru α dat şi n variabil, A să aibă o limită în sensul obişnuit din analiză. Această convergenţă a lui $A(n\alpha)$ către o variabilă aleatoare $A_0(\alpha)$ este deci şi ea un eveniment aleator, care, după cum se poate demonstra, are într-adevăr o probabilitate. Această probabilitate poate să fie zero sau unu, sau o valoare intermediară. În cazul cînd probabilitatea convergenţei este egală cu unitatea, se zice că $A(n\alpha)$ este o variabilă aleatoare aproape sigur convergentă. Convergenţa aproape sigură, astfel definită, este o formă nouă de convergenţă, fiindcă are drept consecinţă convergenţa în probabilitate, fără să fie o consecinţă a acesteia.

Se poate dovedi în acest caz că frecvenţa f_n are această proprietate. Ea are o probabilitate egală cu unitatea de a converge către valoarea p. Avem de-a face deci cu o nouă lege a numerelor mari care este numită *legea tare a numerelor mari*.

Proprietăţile convergenţei în probabilitate au deja o mare valoare. Cebîşev a extins proprietăţile variabilei frecvenţă f_n la o variabilă aleatoare mai generală, dar posedînd o abatere tip. Valoarea medie a n valori $\frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n}$ converge atunci în probabilitate către speranţa matematică $E(x)$, dovedind astfel rolul fundamental al lui $E(x)$. Este vorba aici de operaţii liniare. Gene-

ralizînd, se poate spune că noțiunea de convergență în probabilitate este invariantă într-o transformare punctuală continuă. Această din urmă proprietate, precum și convergența tare a valorii medii au fost stabilite după trecerea perioadei pe care o studiem.

Mai există, în sfîrșit, o convergență foarte comodă de folosit: convergența în medie.

Să definim, de exemplu, convergența în medie pentru media pătratică. O variabilă aleatoare converge către zero în medie pătratică, dacă $E(A^2(n\alpha))$ tinde către zero o dată cu $\frac{1}{n}$ Acest tip de convergență poate fi definită pentru o putere oarecare, însă media pătratică este cea mai utilizată.

Convergența în medie implică convergența în probabilitate.

Și în acest caz, afirmația este relativ recentă, însă noțiunea se datorește lui Bienaymé, inspector general al finanțelor, prietenul lui Augustin Cournot. Cebîșev a fost acela care a folosit cel dintîi inegalitatea demonstrată de Bienaymé la cea mai strălucită demonstrație a legii numerelor mari, sau a convergenței în probabilitate a lui f_n către p. Convergența în medie pătratică, foarte ușor de mînuit, joacă un rol important în aplicațiile în fizică.

VERIFICAREA IPOTEZELOR STATISTICE. Scopul urmărit de observație, de reflecție și de crearea conceptelor noi este acela de a înțelege din ce în ce mai bine lumea. Încercăm să fixăm și să desăvîrșim modelele pe care ni le facem după realitate, după diferitele ei activități și după legăturile dintre ele. Și aceasta, fiindcă dorim să ne explicăm modul lor de dezvoltare și să facem previziuni cît mai bune posibil. Așa s-au construit și continuă să se construiască matematica, fizica, mecanica, astronomia, chimia...

Cum procedăm? Observăm și experimentăm. Apoi probăm idei, pe care le păstrăm o vreme mai mult sau mai puțin îndelungată, sau pe care le părăsim. În vechea Franță, în loc de a proba se zicea a tasta sau a testa. Aceste probe, sînt *testele* cu ajutorul cărora se asigură progresul cunoașterii științifice.

O lege nouă se integrează în această cunoaștere atunci cînd concordă cu toate observațiile făcute și își pierde poziția de lege atunci cînd o observație este în dezacord cu ea. Cu alte cuvinte, atunci cînd conform teoriei un fapt este imposibil, observarea acestui fapt ne obligă să părăsim teoria. Există astfel legi care își pierd valabilitatea și dispar atunci cînd precizia măsurărilor crește. De exemplu, mișcarea de rotație a Pămîntului în jurul axei sale nu este uniformă, iar studiul variației vitezei lui progresează odată cu precizia măsurării timpului.

De asemenea, o lege fundamentală, cum este legea lui Newton, așa de uimitor de bine adaptată fenomenelor astronomice, n-a putut explica mișcarea periheliului lui Mercur și ar fi trebuit deci să fie părăsită. În practică însă această lege poate fi folosită într-un mare număr de cazuri în care ea este de altfel, o excelentă aproximație a relativității generale. Rezultă din acest exemplu că ideea pe care ne-o facem despre o măsurare depinde de precizia ei.

S-ar putea însă să fim obligați să facem o apreciere cu totul diferită atunci cînd este vorba nu despre o mărime definită cu precizie, ci, așa cum se spune adesea, de o mărime influențată de hazard. Întrebarea pe care ar trebui să ne-o punem în acest caz ar fi: poate face hazardul ceea ce observăm? În cazul acesta trebuie făcută o precizare. Să presupunem că am asistat la o succesiune de aruncări de zar. Un joc de zaruri este cinstit atunci cînd zarurile sînt de calitate bună, iar modul de joc este corect. Dar jocul la care am asistat a fost corect?

Iată în legătură cu această întrebare o anecdotă istorisită de Diderot și reluată de Joseph Bertrand: „Într-o zi, la Napoli, un bărbat din regiunea Basilicate scutură într-un cornet, de față cu abatele Galiani, trei zaruri, pariind că poate scoate un triplu de șase, și-l scoase imediat. O asemenea șansă este posibilă, se zice. Omul încearcă și a doua oară și lucrul se repetă. Repuse zarurile în cornet a treia, a patra, a cincea oară scoțînd de fiecare dată un triplu de șase. «La dracu, strigă abatele, zarurile sînt măsluite»! Și erau într-adevăr măsluite".

În cazul acesta, fiindcă se joacă cu cornet, numai zarurile au un rol. Dar ipoteza statistică a jocului cinstit a devenit de nesusținut în fața unui fapt a cărui probabilitate, sau *bază a jocului cinstit*, este de $1/6^{3n}$ la a n — a reușită.

Ceva aproape asemănător i s-a întîmplat și lui Weldon care, aruncînd zarurile de 315 672 ori, a obținut 106 602 reușite pentru un eveniment (căderea lui 5 sau a lui 6) a cărui probabilitate el credea că trebuie să fie de 1/3. Valoarea probabilă este aceea de 105 224, iar abaterea observată de 1378 (probabilitate $2/10^7$). Sîntem îndreptățiți să ne punem întrebarea dacă hazardul poate ajunge la un asemenea rezultat.

Se vede deci că încercăm să generalizăm metoda folosită pentru o lege de tip clasic. O respingem, dacă vedem că se produce un fapt pe care ea îl declara imposibil. În cazul nostru, am dori să respingem o lege atunci cînd se produce un eveniment despre care ea afirmă că este puțin probabil. Dar care eveniment? Nu este vorba de însăși abaterea, fiindcă probabilitatea ei este nulă. Noi îi asociem mulțimea abaterilor mai mari și ne întemeiem decizia pe ea. Așa după cum s-a demonstrat mult mai tîrziu, și formîndu-se alte mulțimi de respingere, noi ne expunem unui risc dublu. Ipoteza respinsă s-ar putea să fie totuși valabilă, fiindcă probabilitatea evenimentului este doar mică, dar nu nulă. În cazul acesta, riscul nu este prea mare.

Un risc foarte mare este cel de al doilea, adică respingerea ipotezei în cazul cînd abaterea este mai mică decît 1378, fiindcă o asemenea abatere este compatibilă cu valori ale probabilității foarte diferite de 1/3.

În orice caz, dacă H este ipoteza, iar E evenimentul de apartenență la o mulțime de studiu al respingerii, probabilitatea ca observația să realizeze acest eveniment este $P(E/H)$. Evident că aceasta este o funcție de E cu H fix, și că această probabilitate ar fi mică pentru respingere.

O dată ce am fixat însă evenimentul E, P devine o funcție de H. Am putea-o denumi verosimilitatea lui H, atunci cînd s-a produs E.

Primele teste au fost asemănătoare cu acela al lui Weldon. Comportarea seriilor statistice, comparată cu succesiunile de extrageri ale lui Bernoulli, a fost studiată amănunțit de Dormoy (1878) și de către Lexis (1886), care au cal-

culat dispersiile diferitelor fenomene demografice și au tras concluzia că dispersiile prea mari pretind o structură mai complexă, adică alte ipoteze statistice decît simpla extragere a lui Bernoulli.

Dar lucrarea care a întrecut de departe pe toate celelalte prin importanța aplicațiilor ei a fost aceea a lui Karl Pearson: *On the Criterion that a given System of Deviations from the probable in the Case of a correlated System of Variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random Sampling*[2].

Tocmai aceasta este problema: rezultatul se datorește hazardului? În realitate, este vorba de o generalizare, foarte bine făcută, a noțiunii de abatere. Se folosește în acest caz o anumită abatere pătratică globală a rezultatelor obținute față de cele așteptate. Faimosul $\varkappa^2$ joacă rolul pe care îl juca valoarea absolută a abaterii, iar mulțimea E, pe care se bazează aprecierea, este de tipul $\varkappa^2 \geqslant \varkappa_0^2$. Interesul pe care îl reprezintă alegerea lui $\varkappa^2$ este acela că putem obține legea lui de probabilitate.

Această lege de probabilitate fusese găsită deja de Helmert în 1876, dar marele merit al lui Karl Pearson a fost acela de a o regăsi după o cercetare sistematică a testelor ipotezelor statistice, și de a fi arătat rolul imens pe care ea îl joacă. De fapt, problema reală este adesea ceva mai grea: testul lui $\varkappa^2$ nu se aplică cu adevărat decît dacă s-a specificat complet legea care este testată.

Se întîmplă foarte adesea ca legea testată să comporte parametri, așa cum este de exemplu cazul cu experiența lui Weldon. Ipoteza probabilității de 1/3 nu poate fi susținută, dar putem apela la observații care să ne ajute să evaluăm această probabilitate, urmînd ca după aceea să vedem dacă acordul este satisfăcător. Mai tîrziu, R.A. Fisher a elaborat propozițiile și regulile care se aplică acestui caz (1922, 1924...).

În legătură cu testele de verificare a ipotezelor statistice, se pune adesea întrebarea dacă există vreo diferență semnificativă între rezultatele obținute și cele așteptate.

De exemplu, față de rolul pe care-l joacă coeficientul de corelație în cercetările biometrice, se pune întrebarea dacă în cazul cînd teoria ar da un coeficient $r = 0{,}52$, iar o mulțime de 100 observații conduce la o valoare empirică $r' = 0{,}68$, diferența dintre cei doi coeficienți este sau nu semnificativă? O asemenea problemă pretinde cunoașterea legii de probabilitate a valorii empirice aleatoare, și după aceea aplicarea unui test.

Deoarece legile de probabilitate sînt de tipul Laplace, s-a întîmplat destul de des ca un test identic cu acela al lui Weldon să dea soluția.

În cazul de care ne ocupăm, nimeni n-a putut găsi, înaintea lui R. A. Fisher (1915), legea de probabilitate a lui r'. Chiar în posesia acestei legi, R. A. Fisher a trebuit să facă eforturi mari pentru ca să construiască o variabilă apropiată de cea laplaceană care să poată permite aplicația clasică.

[2] Asupra unui mod de a decide dacă, în cazul unui sistem de variabile în corelație, o mulțime dată de abateri în raport cu valoarea probabilă este de asemenea natură încît se poate presupune în mod rezonabil că a fost obținută prin eșantionare făcută la întîmplare („Philosophical Magazine", vol. 50, 1900, pp. 157—175).

Se vede din cele de mai sus cîte dificultăţi pot prezenta în rezolvarea lor aceste probleme, al căror înţeles este destul de clar. Vom reveni asupra acestui subiect în studiul consacrat ştiinţei secolului al XX-lea.

LOGICA PROBABILULUI. Nu-i nici o îndoială că încă de la primele sale lucrări Laplace considera teoria probabilităţilor ca o ramură a logicii.

În concluzia lucrării sale *Essai philosophique sur les probabilités* (1814), Laplace scrie: „Rezultă din acest eseu că teoria probabilităţii nu este în fond decît bunul-simţ redus la calcul", şi adaugă „Se mai observă, de asemenea, că şi în cazul fenomenelor care nu pot fi supuse calculului, ea ne dă posibilitatea să facem totuşi aprecierile cele mai sigure care să ne conducă în raţionamentele noastre"...

Tot în legătură cu această temă, G. Pólya observă pe drept cuvînt:

„Nici o încercare de a formula teoria raţionamentului plauzibil nu poate ignora faptul istoric că teoria probabilităţilor a fost considerată de Laplace şi de alţi savanţi eminenţi drept o expresie adecvată pentru regulile inferenţei plauzibile" (G. Pólya, *Matematica şi raţionamentele plauzibile*, vol. II, Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1962, p. 136).

Desigur că nu sîntem obligaţi să ne înclinăm în faţa faptului că gînditorii aceştia foarte mari fac o legătură între calculul probabilităţilor şi ceea ce Pólya numeşte logica raţionamentului plauzibil (sau problema gradelor de încredere), totuşi, după părerea mea, trebuie să ţinem seama de el.

Calculul probabilităţilor are la activul lui succese foarte mari în orînduirea fenomenelor colective la care se manifestă incertitudinea individuală. Poate el spera să introducă ordinea şi în acest domeniu aşa de diferit? După cum a observat, Pólya, nu există dificultăţi *a priori* din acest punct de vedere, fiindcă matematica foloseşte adesea noţiuni foarte asemănătoare, metode şi ecuaţii care merg pînă la identitate, pentru a rezolva probleme ce par cu totul diferite.

În legătură cu această temă, Augustin Cournot vorbeşte de „dublul sens al cuvîntului probabilitate care se referă cînd la o anumită măsură a cunoştinţelor noastre, cînd la o măsură a posibilităţii unor întîmplări, independent de cunoaşterea pe care o avem despre ele" (*Exposition de la théorie des chances et des probabilités*, 1843, p. IV).

În *La science et l'hypothèse*, Henri Poincaré aplică formulele calculului probabilităţilor (de fapt ale probabilităţii cauzelor) la o problemă psihologică: la écarté, jucătorul *A* trage regele; a trişat sau nu? Introducînd în formule valori numerice mai degrabă extreme, Poincaré ajunge la o concluzie şocantă. Émile Borel a arătat în *Le Hasard* că plecînd de la ipoteze, să le spunem mai rezonabile, rezultatele numerice devin *conforme bunului-simţ*. Aceasta înseamnă că deşi am avea dreptul să ne îndoim dacă teoria probabilităţilor este aplicabilă, ea s-ar putea dovedi totuşi o bună călăuză pentru reuşita unor anumite intervenţii logice sau a anumitor raţionamente, cu condiţia să nu acordăm o prea mare importanţă valorilor numerice categorice, şi că formu-

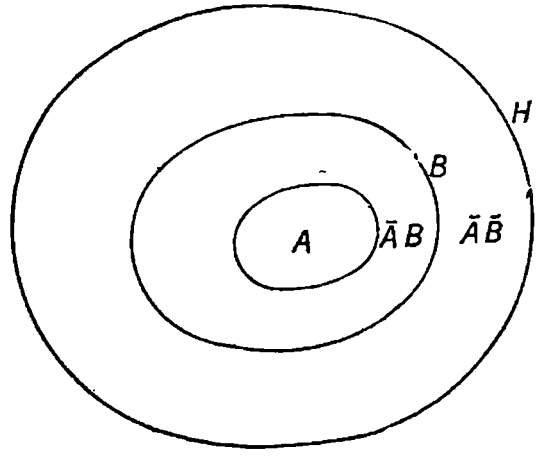
lele probabilităților compuse și ale probabilității cauzelor pot fi considerate drept rezonabile atunci cînd sînt aplicate în orice alte domenii decît în acela al fenomenelor colective aleatoare.

Este limpede că începînd de la eseul lui Thomas Bayes (publicat după moartea lui, în 1764, de către Price), care a fost urmat de dezvoltările lui Laplace, teoria probabilității cauzelor are în vedere problema generală a progresului cunoașterii și nu calculul numeric al anumitor probabilități. Același lucru se poate spune și despre lucrările lui Boole: *Laws of Thought* (1854) și *Proposed Question on the Theory of Probabilities* (1851). În special *Boole's Challenge Problem* („Cambridge and Dublin Math. Journal" 1851,) pune din nou problema lui Bayes, dar omițînd condiția că cele două cauze s-ar putea prezenta concomitent. Datorită acestui lucru, rezolvarea ei este imposibilă, iar Boole, care nu avea noțiunea precisă de independență, îi dă o interpretare falsă. Evident însă că această problemă de logică este prea grea pentru a putea fi rezolvată numai prin bunul-simț.

Axioma probabilităților compuse poate fi verificată în modul următor:

Să considerăm problema clasică a metodei științifice, a progresului și a cercetării. Se pune întrebarea dacă A este adevărat. Dar A are drept consecință pe B. Se face experiența și se constată că B este adevărat În afară de această constatare ce mai putem spune despre A?

A presupune că A are drept consecință pe B, înseamnă a presupune că în mulțimea fundamentală H toate elementele care au proprietatea A au și proprietatea AB. Astfel, submulțimea A este conținută în B și fiindcă B este adevărat, putem considera o nouă mulțime fundamentală B.



În figura de mai sus, A este o submulțime a lui B, care este, la rîndul ei, o submulțime a lui H. Se vede că H este descompus în A (care este de asemenea AB), în $\bar{A}B$ și în $\bar{A}\,\bar{B}$. Nu există o submulțime $A\bar{B}$, ceea ce exprimă și ipoteza. Chiar dacă, fără a vorbi de probabilități (adică de o măsură aditivă definită pe un anumit inel al submulțimilor), ne-am mărgini la un cuvînt mai neutru, ca de exemplu cota atașată unei submulțimi și care este nedescrescătoare în raport cu această submulțime, ar trebui să căutăm noua cotă a lui A condiționată de B. Evident că ceea ce s-ar putea numi prezența relativă a lui A în B depășește prezența lui A în H.

Sîntem astfel conduși la o funcție π de două mulțimi, care crește cu A atunci cînd B este fix, și care — în cazul cînd A este fix — crește cînd B scade.

Dacă, așa cum este și firesc, cota noastră exprimă prezența relativă fie a lui A în H, fie a lui B în H, fie a lui A în B, cota aceasta, condiționată de B, nu poate decît să crească în raport cu A în H. Axioma probabilităților compuse înseamnă a defini probabilitatea $P(A/BH)$ folosindu-ne de măsura definită în H și punînd:

$$P(A/BH) = \frac{P(AB/H)}{P(B/H)}.$$

Bineînțeles că fiind aditivă, această cotă specială posedă cel mai simplu mod de a crește odată cu submulțimea căreia i se atașează. Obținem în acest caz, prin egalitățile clasice:

$AB/H = A/H \cdot B/AH = B/H \cdot A/BH$, unde $B/AH = 1$, deoarece B este consecința lui A, astfel că:

$$A/BH = \frac{A/H}{B/H}.$$

Noua probabilitate o depășește pe cea veche, cu condiția ca $B(H) \neq 1$ sau, cu alte cuvinte, ca B să nu fie anticipat în mod sigur.

Nu-i nici o îndoială, așa cum s-ar fi putut exprima Borel, că acest rezultat este conform bunului-simț. Îl aplicăm de altfel în mod curent, indiferent dacă este vorba de cercetare științifică, de stabilirea culpabilității sau a nevinovăției unui acuzat sau de comportarea noastră de fiecare zi.

Evident că întărirea rolului probabilității poate fi continuat dacă avem un șir $B_1, B_2, \ldots, B_n$, de consecințe ale lui A, fără ca B_n să fie o consecință a lui $B_1, B_2, \ldots B_{n-1}$.

Semnalăm mai jos, după Pólya, un raționament plauzibil probabilist asemănător, folosit de marinarii lui Cristofor Columb:

„Cînd vasul este aproape de pămînt, vedem adeseori păsări.
Cînd vasul este departe de pămînt, vedem arareori păsări.
Acum vedem păsări
Deci, devine mai plauzibil că sîntem aproape de pămînt".

Deși au fost de cîteva ori dezamăgiți, după ce au văzut cîteva păsări în ziua de 11 octombrie 1492, în ziua următoare au descoperit prima insulă a Lumii Noi (G. POLYA, *op. cit.*, vol. II, p. 46).

MECANICA STATISTICĂ ȘI TEORIA CINETICĂ A MATERIEI. Desigur că marile succese pe care fizica matematică clasică le-a obținut în hidrodinamică, elasticitate, termodinamică și energetică n-au făcut să se uite ipoteza atomistă.

Dar la drept vorbind, dacă lăsăm de o parte chimia, savanții vremii credeau că se pot lipsi, fără prea mare pagubă, de atomi și de orice ipoteză asupra realității particulelor care constituie materia.

Și totuși, începînd cu mijlocul secolului al XIX-lea, în gîndirea anumitor fizicieni (de exemplu în aceea a lui Maxwell, după cum se vede din *Ilustration of the Dynamical Theory of Gases*, 1859), părea să se impună structura discontinuă a materiei. De-abia în jurul anului 1900, necesitatea și fecunditatea acestei atitudini au fost înțelese clar de fizicieni, în totalitatea lor[3].

[3] A se vedea în legătură cu aceeași temă și studiul lui G. Allard p. 281.

J.C. Maxwell (1831—1879) era profund interesat de calculul probabilităților. În 1850, la vîrsta de 19 ani, el scria că adevărata logică a acestei lumi este calculul probabilităților. De altfel, pentru el calculul probabilităților era tot una cu funcțiile de repartiție a vitezelor. Maxwell a căutat și a obținut funcția de repartiție în starea de echilibru termic statistic. În 1868, el afirma:

„*This is therefore a possible form of the final distribution of velocity, it is also the only form*" (Aceasta este deci o formă posibilă a distribuției finale a vitezei și în același timp singura formă posibilă).

Într-adevăr, el obținuse, prin metode care nu erau strict riguroase, această repartiție și dovedise că o dată realizată, ea se menținea datorită șocurilor. Cu toate că repartiția se făcea după o lege a lui Laplace, bineînțeles că nu se punea în acest caz problema vreunei legături cu legile limită care pătrundeau atunci în știință cu ajutorul procedeelor de însumare, rezultate de altminteri încă puțin cunoscute la epoca aceea. Acest fel de inerție științifică nu trebuie să ne mire: fizicianul își are problemele lui și pentru ca să le rezolve încearcă să progreseze cu ajutorul matematicii, fără să se preocupe de reactualizarea acestora.

De altfel, dacă ne vom gîndi că mișcarea browniană a fost observată de R. Brown în 1827 și că a trebuit să se aștepte mai întîi 50 de ani (1877) pentru ca P. Carbonnelle să o atribuie agitației termice, apoi să vină anul 1906 pentru ca Smoluchowski și Einstein să-i elaboreze teoria și apoi Jean Perrin să facă observațiile decisive, ne vom putea forma o părere despre încetineala de pătrundere a acestor idei care ni se par acum așa de firești și de perfect asimilate în mintea noastră.

Ludwig Boltzmann (1844—1906), care s-a ocupat încă din 1871 cu teoria gazelor, a dezvoltat demonstrațiile referitoare la distribuția lui Maxwell. Bineînțeles că Boltzmann folosește și el calculul probabilităților despre care spune:

„S-ar putea ca legitimitatea aplicațiilor calculului probabilităților făcute în cuprinsul acestei lucrări să fie puse la îndoială. Dar fiindcă acest mod de calcul a fost pus la încercare într-un foarte mare număr de cazuri particulare nu văd într-adevăr nici un motiv ca să i se conteste aplicarea la fenomenele naturale de un fel mai general" (*Vorlesungen über Gastheorie*, vol. I, Leipzig, 1895).

În realitate, pentru Boltzmann, ca și pentru Maxwell, calculul probabilităților nu se prezintă ca născut din incertitudine, ci rezultă mai degrabă din dorința de a pune ordine într-o problemă deterministă foarte complicată, cu ajutorul noțiunilor de medie, dispersie și al legilor de repartiție. Boltzmann a luat în considerare evoluția unei repartiții în decursul timpului printr-o analiză a șocurilor care conduce la celebra lui ecuație integro-diferențială, care mai face încă și astăzi obiectul unor remarcabile lucrări matematice.

Analizînd mulțimea fundamentală a complecșilor posibili, din care deduce probabilitatea unei stări macroscopice, el introduce funcția:

$$H(t) = \iiint f \log f \, du dv dw,$$

$f(u, v, w, t)dudvdw$ fiind repartiția elementară, care în notația actuală nu este decît $E(\log f)$. Această mărime este proporțională cu logaritmul probabilității de stare a gazului, $S = k \log P = -kH$. Aceasta este entropia și tot ea este întîlnită astăzi în teoria informației.

Ne vom ocupa acum de *Elementary Principles of Statistical Mechanics Developed with Special Reference to the Rational Foundations of Thermodynamics* (1902) de Josiah Willard Gibbs (1839—1903). Și în cazul acesta este vorba de legi de repartiție, însă de repartiția unei mulțimi de sisteme mecanice extrem de generale.

În prefață, Gibbs scrie: „Desigur că ar însemna să întoarcem spatele oricărei certitudini dacă am vrea să elaborăm o teorie bazată pe ipotezele referitoare la constituția materiei" și, mai departe: „Nu poate exista nici o îndoială în ceea ce privește acordul ipotezelor cu faptele, fiindcă nu se face nici o supoziție asupra lor".

În legătură cu aceasta, Jacques Duclaux a scris:

„Formulele se aplică la particule care sînt în diferite stări, însă al dracului să fiu dacă ni se spune ce sînt aceste particule și nici de ce se transpun în toate aceste stări... Cu adevărat fantastic este faptul că toată această acrobație matematică reușește în final să explice proprietățile mușchiului și ale cauciucului" (*La science de l'incertitude*, Paris, 1959).

Desigur că modelele propuse de Gibbs permit ipoteze, însă aceste sisteme numite canonice, posedă un modul care are proprietățile temperaturii, iar exponentul probabilității este bineînțeles entropia (fiindcă acest exponent este prin definiție logaritmul probabilității). Această corespondență este asigurată, dacă numărul gradelor de libertate este foarte mare. Lucrarea aceasta a lui Gibbs este foarte clară, mult mai clară decît memoriile lui Maxwell și ale lui Boltzmann. În introducerea la ediția franceză, Marcel Brillouin vorbește de ea cu o mare admirație. Adevărul este că avem de-aface cu o construcție viguroasă și originală. Așa după cum vom vedea mai departe, secolul al XX-lea a adăugat la claritatea lui Gibbs rigoarea și forța noilor mijloace analitice.

ENTITĂȚI ALEATOARE GENERALE. Dezvoltarea statisticii a condus la introducerea de entități aleatoare extrem de complexe. Cazul cel mai simplu al variabilei aleatoare sau al numărului aleator se prezintă atunci cînd pentru fiecare individ al unei populații se alege un singur caracter. Individul este însă purtătorul unor caractere diverse (se înțelege prin aceasta că alegerea, o dată făcută, determină mai multe caractere). Să ne închipuim, de exemplu, că se studiază la un grup de indivizi dimensiunile diferitelor părți ale scheletului și că se pune întrebarea dacă între caracteristicile stabilite există o legătură.

Se poate merge și mai departe, făcînd o legătură între înălțimea unui om și înălțimea strămoșilor lui. Aceasta conduce la un număr mare de caractere, a căror legătură este foarte interesantă de studiat. Se poate ajunge la o infinitate de caractere. De exemplu, caracterul ploilor din timpul unui an se

exprimă printr-o funcție aleatoare, ca și conturul cranian al unui individ, liniile palmei sale etc.

Odată ce din populație s-a ales un individ, toate variabilele aleatoare legate de el iau o valoare determinată. Ele sînt funcții de variabila aleatoare fundamentală care este individul. Bineînțeles că variabilele aleatoare nu sînt în mod necesar funcții unele de altele. În general, este o problemă foarte importantă să se examineze dacă ele sînt independente sau dependente și în ce măsură valorile fixate pentru unele din ele pot îmbunătăți cunoașterea stochastică a variabilelor aleatoare care rămîn libere.

Evoluția în timp introduce și ea entități aleatoare care pot avea un număr mare, sau o infinitate de dimensiuni. Acesta este cazul fizionomiei ploii din cursul unui an. O partidă prelungită conduce la considerarea evoluției cîștigului total care este și el o funcție aleatoare. Problema ruinării jucătorilor, atacată încă de la primii pași ai calculului probabilităților (în 1657), face parte și ea din această categorie.

Alphonse de Candolle a studiat în 1873 problema stingerii numelor de familie. De aceeași problemă s-a interesat mult și Galton. Se pare însă că nimeni nu s-a ridicat, înaintea lui Émile Borel (*Les probabilités dénombrables et leurs applications*, 1908), pînă la considerarea în ansamblu a unui șir infinit de probe. Actul aleator fundamental este constituit în cazul acesta dintr-o infinitate de trageri la sorți.

Să presupunem, de exemplu, că am avea o infinitate de urne și că probabilitatea extragerii unei bile albe ia valorile p_1, p_2, ..., p_n ... Problemele care se pun sînt de tipul: care este probabilitatea P de a se extrage o infinitate de bile albe? É. Borel a arătat că P depinde de seria $S = p_1 + p_2 + \ldots + p_n + \ldots$, care poate fi convergentă sau divergentă.

Dacă S converge, $P = 0$. În acest caz, numărul succeselor este o variabilă aleatoare finită care poate lua valorile 0, 1, 2 , ..., k,..., dar nu și valoarea ∞ (fiindcă probabilitatea acestei eventualități este nulă).

Din contră, dacă S diverge, $P = 1$. Există o probabilitate egală cu unitatea ca să se extragă o infinitate de bile albe. Acesta este cazul, în particular, cînd p este constant.

Se poate vedea din studiul lui É. Borel că importanța practică a acestui rezultat (care presupune o infinitate de probe) trebuie examinată cu mare atenție. Importanța lui teoretică este însă extrem de mare.

Sîntem obligați totodată să recunoaștem valoarea lucrărilor foarte originale ale lui L. Bachelier care, începînd din 1900, a arătat legătura care există între teoria difuziei și legăturile aleatoare asociate unui proces stochastic.

În lucrarea sa, *Calcul des probabilités* (1912), teoria împrăștierii probabilității, cuprinde ecuația cu derivate parțiale a mișcării probabilității

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \frac{4}{\varphi_1}\frac{\partial P}{\partial t} = 0$$

care, după cum se vede, este ecuația difuziei și ecuația propagării căldurii.

Pentru a încheia, vom vorbi despre problemele rezolvate și despre cele puse de Henri Poincaré. Cursurile sale intitulate *Leçons sur le calcul des probabilités*, predate între 1893 și 1894, au fost publicate în 1895 (ediția a doua mărită, apărută în 1912). Printre alte numeroase probleme, se află pusă și rezolvată problema amestecului cărților de joc care, după părerea autorului, era una din problemele pe care le pune nivelarea probabilităților prin trecerea la limită.

De ce se poate admite că, dacă pachetul de cărți a fost amestecat multă vreme, toate permutările posibile sînt egal probabile? În gîndirea lui Poincaré această problemă concretă capătă un aspect abstract. Jucătorul are diferite probabilități de a înlocui o ordine inițială prin alta. Aceste probabilități reprezintă un număr hipercomplex P a cărui putere P^n dă legea amestecului după n tăieturi. Poincaré demonstrează, cu ajutorul rezultatelor lui Élie Cartan, că limita este valoarea medie a lui p.

La sfîrșitul cărții sale, Poincaré își concentrează atenția asupra problemei amestecului lichidelor. Deși moleculele roze sînt dispuse arbitrar la timpul $t = 0$, experiența ne arată că după un timp oarecare ele sînt uniform repartizate. Este vorba, după cum se vede, și Poincaré ne-o spune, de postulatul sau de principiul ergodic. Maxwell a fost primul care a enunțat ipoteza că mediile temporale luate de-a lungul unei traiectorii au aceeași valoare ca și mediile statistice luate în spațiul fazelor. Poincaré indică în detaliu importanța, dificultatea și cazurile posibile de excepție ale acestei probleme a lui Maxwell-Boltzmann. El face, în fine, o aluzie precisă la acest proces stochastic de evoluție al moleculelor și arată cît de comod ar fi dacă n-ar fi nevoie să se țină seama de istoria anterioară (procese Markov).

■

Problemele acestea, cărora o jumătate de secol de lucrări științifice le-a adăugat multe rezultate noi, sînt forte departe de a fi tratate complet. Se vede însă că noțiunile de proces stochastic, de evoluție aleatoare, de nivelare a probabilităților prin repetarea operațiilor, de funcții aleatoare, chiar dacă nu erau adunate și îmbinate în spiritele oamenilor, așa cum sînt acum, trăiau totuși o viață plină de vigoare, fiindcă își aveau originea în problemele puse de fizică, de lumea concretă; le-au lipsit cîteodată doar oamenii care să se ocupe de ele.

În decursul bogatei și rodnicei perioade care a trecut, teoria probabilităților și-a dovedit, mai mult ca niciodată, puterea ei de cucerire, de explicație și de aplicare. O privire de ansamblu asupra celor ce s-au făcut de la începutul secolului al XX-lea încoace, cu toate legăturile și cu toate problemele pe care le prezintă știința modernă, ne arată poziția centrală și caracterul universal al teoriei probabilităților. De acum încolo nu va mai exista nici un domeniu făcînd parte din imensul ansamblu al cercetării științifice în care, față de „invazia variabilei aleatoare", să nu apară pericolul ignorării acestui spirit nou.

PARTEA A DOUA
MECANICA ȘI ASTRONOMIA

Deşi fac parte din ştiinţele fizice, atît prin obiectul cît şi prin dublul lor aspect teoretic şi concret, mecanica şi astronomia erau, la începutul secolului al XIX-lea, singurele discipline apte de o aplicare directă a tehnicii matematice.

Stadiul înaintat al mecanicii analitice şi al mecanicii cereşti dăduse, într-adevăr, matematicienilor secolului al XVIII-lea posibilitatea de a găsi în ele un domeniu privilegiat care să permită punerea la încercare a forţei şi eficacităţii diferitelor metode de calcul, elaborate treptat. Din această cauză, şi subapreciindu-le aspectul fizic sau experimental, cea mai mare parte a savanţilor de la începutul secolului al XIX-lea considerau aceste două discipline ca pe nişte simple ramuri ale matematicii aplicate.

Extinderea progresivă a metodelor fizicii matematice la diferitele ştiinţe fizice, aprecierea mai corectă a importanţei reale a mecanicii experimentale şi a astronomiei bazate pe observaţie, crearea şi dezvoltarea rapidă a astrofizicii în cea de a doua jumătate a secolului vor avea drept urmare revizuirea acestui punct de vedere prea schematic.

Cu toate acestea, mecanica şi astronomia îşi vor păstra, pînă la sfîrşitul secolului al XIX-lea, în clasificarea ştiinţelor, acest loc privilegiat de la graniţa dintre matematică şi ştiinţele fizice pe care îl ocupau din antichitatea greacă. Ni s-a părut de aceea că sîntem îndreptăţiţi, din punct de vedere istoric, să urmăm această tradiţie şi să păstrăm în volumul de faţă, consacrat ştiinţei secolului al XIX-lea, o distincţie, cel puţin formală, între aceste două discipline şi celelalte ştiinţe fizice.

CAPITOLUL I

Apogeul şi incertitudinile mecanicii clasice

La mijlocul secolului al XIX-lea, scrie Pierre Duhem, mecanica raţională părea aşezată pe nişte fundamente tot atît de neclintit ca şi acelea pe care Euclid îşi construise geometria. Sigură de principiile pe care se baza, ea lăsa să se desfăşoare armonioasa dezvoltare a consecinţelor acestora. Creşterea rapidă, neîntreruptă şi năvalnică a ştiinţelor fizice a venit să tulbure această pace şi să zdruncine această încredere în sine... (*Évolution de la mécanique*, 1903).

Această judecată, admirabil expusă, nu exprimă, în eleganta ei concizie, complexitatea faptelor, dar pune accentul pe esenţial. De-abia angajată, prin Lagrange, pe calea unei metode care reclama prin ea însăşi dezvoltări specifice, proprii analizei matematice, mecanica clasică se loveşte de dificultăţi logice. În timp ce organizarea ei raţională se perfecţionează (în special datorită atenţiei date sistemului de referinţă al mişcărilor) şi în timp ce cuceririle ei devin mai numeroase, mecanica vede cum între cei mai străluciţi dintre protagoniştii ei se nasc discuţii asupra principiilor, cărora problemele puse de dezvoltarea fizicii le vor da în cea de a doua jumătate a secolului al XIX-lea un accent nou. Deşi aceste controverse continuă să-şi păstreze şi astăzi valoarea, ele nu explică totuşi apariţia relativităţii care poartă semnul neprevăzutului şi conţine o mare lecţie pentru ştiinţa în curs de evoluţie.

A. DEZVOLTAREA MECANICII ANALITICE

PRINCIPIUL MECANICII ANALITICE. Geniul lui Lagrange s-a afirmat prin limpezimea cu care a conceput natura matematică a exprimării echivalenţei sistemului de forţe şi a sistemului de acceleraţii prin principiul lucrului mecanic virtual. Dacă configuraţia şi poziţia unui sistem material dat pot fi definite la un moment dat printr-un anumit număr finit de parametri (distanţe şi unghiuri), precum şi de parametri independenţi, ce ţin seamă de legăturile impuse sistemului, ecuaţia lucrului mecanic virtual, care exprimă echivalenţa de mai sus pentru orice variaţie infinitezimală arbitrară a parametrilor, se traduce prin egalarea cu zero a unei forme liniare şi omogene de diferenţialele

parametrilor. Această egalitate trebuie să fie satisfăcută, oricare ar fi valorile diferenţialelor. De aici rezultă necesitatea ca forma liniară şi omogenă în discuţie să aibă toţi coeficienţii nuli. De aceea, ecuaţia lucrului mecanic virtual se separă în atîtea ecuaţii cîţi parametri independenţi sînt, ecuaţii care exprimă anularea coeficienţilor şi sînt, în raport cu parametrii, ecuaţii diferenţiale de ordinul doi.

Într-adevăr, conform declaraţiei din „Prefaţa" sa, *Mecanica analitică* a lui Lagrange era o ramură a analizei matematice, iar metoda ei, „care nu cerea nici construcţii, nici raţionamente geometrice sau mecanice, ci numai operaţii algebrice subordonate unei evoluţii regulate şi uniforme", urma să rămînă o cucerire ştiinţifică indiscutabilă şi să exercite asupra urmaşilor lui o atracţie definitivă.

GENERALIZAREA LUI LAPLACE. În *Traité de mécanique céleste* (Cartea I, anul VII), Laplace reia ecuaţia generală a lucrului mecanic virtual în forma pe care i-o dăduse Lagrange, înlocuind raportul forţă-acceleraţie prin aceea ce el numeşte „toate relaţiile posibile matematic între forţă şi viteză". Pentru el, această generalizare se impune datorită faptului că există *a priori* o infinitate de moduri de a exprima „forţa" (înţeleasă ca o caracteristică dinamică a mişcării) în funcţie de viteză, fără ca să rezulte vreo contradicţie logică. Experienţa pe care o imaginează este singura permiţînd să se distingă care este în realitate legea „forţei" respectată de natură la suprafaţa Pămîntului, iar această lege nu este decît o simplă proporţionalitate. Am greşi dacă am deduce din aceasta că Laplace revine astfel la concepţia aristotelică. Dimpotrivă, el rămîne credincios tradiţiei lui d'Alembert pentru care forţa nu este o noţiune primară, dar ca matematician, el caracterizează dinamic mişcarea prin viteză, ea însăşi o caracteristică a legii orare. „Forţa" lui Laplace este o integrală a ceea ce mecanica clasică ne-a obişnuit să luăm în considerare. Ecuaţia generală a dinamicii sistemelor la care ajunge astfel Laplace pe baza ipotezei unei relaţii oarecare între forţă şi viteză este, după propria lui mărturisire, foarte greu de rezolvat. Dar din ea este posibil să se deducă teoreme generale, asemănătoare acelora din mecanica clasică.

„Principiul conservării forţelor vii se aplică, scrie Laplace, la toate legile matematic posibile dintre forţă şi viteză, cu condiţia ca prin forţă vie a unui corp să se înţeleagă produsul masei sale cu dublul integralei vitezei sale înmulţită cu diferenţiala funcţiei de viteză care exprimă forţa."

Laplace generalizează de asemenea şi teorema cantităţilor de mişcare, legea ariilor şi principiul minimei acţiuni. El formulează astfel cu un secol mai înainte o mecanică generală, care are multe trăsături comune cu relativitatea, cu deosebirea că în timp ce pentru el masa rămîne constantă, cantitatea de mişcare încetînd de a fi proporţională cu viteza, pentru fizicienii relativişti masa devine o funcţie de viteză, iar cantitatea de mişcare rămîne proporţională cu viteza.

LEGĂTURI ŞI LUCRURI MECANICE VIRTUALE: FOURIER ŞI GAUSS. Tot într-o perspectivă matematică, Fourier perfecţionează, cam în aceeaşi epocă, principiul lucrului mecanic virtual (*Mémoire sur la statique*, anul VI), reducîndu-l logic la principiul pîrghiei şi bazîndu-se pe imposibilitatea variaţiei distanţelor reciproce ale punctelor materiale dintr-un sistem în echilibru. Enunţul său este identic în esenţă cu acela folosit în prezent: „Lucrul mecanic virtual al forţelor *date* pentru un sistem aflat în echilibru este nul sau negativ pentru orice deplasare virtuală compatibilă cu legăturile". Enunţul permite să se facă o distincţie între legăturile bilaterale şi legăturile unilaterale, adică susceptibile de a fi întrerupte. Lucrul mecanic poate fi negativ numai în cazul acestor din urmă legături.

Guass nu obiectează în *Ueber ein neues Grundgesetz der Mechanik* (1829) contra faptului că principiul vitezelor virtuale reduce toată statica la o simplă problemă de analiză, ci afirmă că extinderea lui la dinamică cere o tratare specială. Din această cauză, Gauss preferă enunţul următor:

„Mişcarea unui sistem de puncte materiale, legate între ele într-un mod oarecare şi ale căror deplasări sînt supuse la limitări exterioare arbitrare, se produce în fiecare moment în cel mai complet acord posibil cu mişcarea liberă sau sub cea mai redusă constrîngere posibilă, măsura constrîngerii suportate de sistem în fiecare interval elementar de timp fiind egală cu suma produselor masei fiecărui punct cu pătratul abaterii lui faţă de mişcarea liberă".

Deducerea acestui enunţ din principiile deja cunoscute este rezultatul unui calcul, mult mai simplu decît s-ar putea crede. Lucrul mecanic virtual pentru o deplasare compatibilă cu legăturile, plecînd de la poziţia la momentul t, apare ca o diferenţă între suma care defineşte constrîngerea şi aceeaşi sumă pentru poziţia infinit vecină. Gauss subliniază cît de remarcabil este să se descopere astfel, cu ajutorul principiului celei mai mici constrîngeri, un acord minunat între natură şi matematică. La fel ca geometrii care, cu ajutorul metodei celor mai mici pătrate, modifică rezultatele experienţelor pentru a le face compatibile cu relaţia necesară dintre mărimile măsurate, tot aşa şi mişcările libere ale unui sistem sînt modificate, atunci cînd sînt incompatibile cu legăturile impuse, astfel ca să reducă la minimum o sumă de cantităţi proporţionale cu pătratele abaterilor. Nu este cazul să ne mirăm de faptul că autorul strălucitelor rezultate privitoare la metoda celor mai mici pătrate a dat această orientare cercetărilor sale de mecanică, însă aceasta nu reduce desigur cu nimic eleganţa matematică a descoperirii sale.

FORMALIZAREA: POISSON, HAMILTON, JACOBI. Aceeaşi estetică se regăseşte şi în lucrările lui Poisson din 1809, care sînt urmarea directă a celor două memorii ale lui Lagrange generate de necesităţile teoriei perturbaţiilor în mecanica cerească. Poisson simplifică scrierea ecuaţiilor lui Lagrange introducînd suma semiforţei vii şi a funcţiei de forţe, şi arată cum, cu ajutorul ecuaţiilor foarte simple pe care le obţine, constantele arbitrare care intervin în cele două integrale prime au o proprietate remarcabilă. Exprimate în funcţie

de variabile, aceste constante satisfac o relaţie cu derivate parţiale deosebit de simplă, „paranteza lui Poisson". Apoi, rezultatul este generalizat pentru cazul unui sistem supus unor forţe perturbatoare. Importanţa practică a acestui sistem este redusă, dar speculaţiile matematice asupra transformării ecuaţiilor lui Lagrange, din care se inspiră Poisson, nu-şi vor pierde valoarea.

Aproape în acelaşi timp cu lucrările sale asupra opticii, căreia încearcă să-i dea aceeaşi „frumuseţe, forţă şi armonie" ca şi mecanicii, W.R. Hamilton reia în „Philosofical Transactions of The Royal Society" (1834—1835) rezultatele lui Lagrange, Laplace şi Poisson şi scoate în evidenţă simplificările formale pe care le capătă ecuaţiile prin introducerea unei funcţii, numită principală, (definită ca) integrala funcţiei considerată de Poisson. Prin schimbări convenabile de variabile, asemănătoare cu cele folosite deja de precursorii lui, el ajunge la forma numită canonică a ecuaţiilor generale ale dinamicii, o formă deosebit de simplă, de ordinul unu din punctul de vedere al calculului diferenţial,

$$\frac{d\bar{\omega}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \eta_i}, \quad \frac{d\eta_i}{dt} i = \frac{\partial H}{\partial \bar{\omega}_i}, \quad \text{cu} \quad \bar{\omega}_i = \frac{\partial T}{\partial \eta_i},$$

unde η_i reprezintă coordonatele finale în sensul lui Lagrange, T semiforţa vie, H funcţia $T - U$ (U fiind funcţia de forţe).

Integrarea acestor ecuaţii canonice depinde de funcţia principală care urmează să fie determinată. Problema generală a dinamicii se reduce astfel la aflarea unei funcţii unice care să satisfacă simultan două ecuaţii cu derivate parţiale. Din nefericire, această ultimă dificultate nu poate fi rezolvată în mod general, decît prin aproximaţii succesive. Astfel, datorită lui Hamilton, formalismul matematic atinge, în domeniul mecanicii clasice, şi în concordanţă cu principiul lui d'Alembert, o puternică extindere, pe care fizicienii relativişti vor şti să o folosească.

Jacobi (*Vorlesungen über Dynamik*, 1842—1843) aduce teoriei lui Hamilton cîteva modificări destinate să dea rigurozitate demonstraţiilor şi să elimine considerentele de prisos. El scrie ecuaţiile canonice într-o formă mai generală, care nu mai presupune existenţa unei funcţii de forţă, desăvîrşind astfel elaborarea instrumentului formal al mecanicii analitice. Jacobi dă, în fine, principiul minimei acţiuni, pe care Lagrange şi, în special, Hamilton îl degajaseră deja de toate ideile metafizice în legătură cu economia supremă a naturii — o formă mai geometrică, fără să mai facă apel la viteze. Traiectoriile punctelor mobile care corespund aceleiaşi constante a forţelor vii (sau aceleiaşi energii totale) realizează o proprietate staţionară (sau „extremală", adică maximală sau minimală) a unei integrale dintr-o funcţie de coordonate. Această nouă formă a principiului minimei acţiuni va juca un rol important în mai multe teorii fizice şi va face obiectul altor lucrări în cea de a doua jumătate a secolului (Liouville, 1856; Lipschitz, 1871; W. Thomson şi Tait, 1879; Levi-Civita, 1896).

B. MECANICA MEDIILOR CONTINUE

DATELE ANTERIOARE: EULER, LAGRANGE. Încă de la mijlocul secolului al XVIII-lea, matematicienii şi-au dat seama de nevoia ca mecanica mediilor continue să fie tratată separat, fiindcă numărul parametrilor de poziţie ai acestor sisteme materiale încetează de a mai fi finit. Euler (*Principes généraux du mouvement des fluides*, „Memoires de l'Académie de Berlin", 1755) şi Lagrange, în a sa *Mécanique analitique*, arătaseră că dificultatea putea fi ocolită luînd drept necunoscute variabilele care le poartă astăzi numele şi care sînt funcţii atît de timp, cît şi de coordonatele de poziţie. Variabilele lui Euler sînt componentele vitezei unui element material de coordonate x, y, z, fiind funcţii de timp şi de aceste coordonate. Variabilele lui Lagrange sînt coordonatele la timpul t ale elementului material şi funcţii de timp şi de coordonatele iniţiale ale aceluiaşi element. Ecuaţiile generale ale hidrodinamicii, obţinute în fiecare din cele două perspective prin introducerea noţiunii de presiune într-un punct al masei fluide, sînt ecuaţii cu derivate parţiale. Aceasta explică următoarea observaţie a lui Euler:

„Dacă nu avem posibilitatea să ajungem la o cunoaştere completă a mişcării fluidelor, cauza nu trebuie imputată mecanicii sau insuficienţei principiilor cunoscute ale mişcării, ci analizei însăşi care ne lasă de astă dată în părăsire".

De fapt, Euler şi Lagrange nu obţinuseră rezultate matematice satisfăcătoare, şi chiar strălucite, decît în cazul particular în care există un potenţial al vitezelor, noţiune care se exprimă încă şi prin termenul surprinzător de mişcare irotaţională. Existenţa turbioanelor îl oprise pe Lagrange, spre marele său regret, după cît se pare, să considere că acest caz particular putea fi general şi că natura ar binevoi să se supună legilor celor mai simple.

PREPARATIVELE NECESARE: CAUCHY, NAVIER. Mecanica fluidelor nu reprezintă însă, ea singură, întreaga mecanică a mediilor continue, ci este doar cea mai remarcabilă cucerire a secolului al XVIII-lea într-o dezvoltare independentă a fenomenelor elastice. În realitate, concepţia de ansamblu a unei mecanici a mediilor continue este opera secolului al XIX-lea. Elaborarea unui limbaj comun mecanicii fluidelor şi elasticităţii prin studiul matematic precis al deformaţiei unui mediu continuu, făcut prin lucrări care s-au desfăşurat timp de aproape 20 de ani, începînd din 1822, se datoreşte lui Cauchy. Pînă atunci matematicienii se mărginiseră să scoată în evidenţă dilataţiile liniare pozitive sau negative (numite comprimări). Cauchy studiază rotaţia pe care o suferă un mic segment de dreaptă după deformaţie, exprimînd astfel complet natura geometrică a deformaţiilor infinit mici ale mediului cu ajutorul derivatelor funcţiilor de coordonatele iniţiale ale unui element material, care reprezintă coordonatele finale ale aceluiaşi element şi care nu sînt deci altceva decît variabilele lui Lagrange la un moment dat. De la deformaţii infinit mici, Cauchy trece la deformaţii finite şi demonstrează existenţa unei „rotaţii medii" caracteristice.

În timp ce se elabora astfel instrumentul matematic indispensabil, Navier (*Lois de l'équilibre et du mouvement des corps solides élastiques*, 1821) căuta o soluţie generală pe o bază asupra căreia va trebui să mai revenim, şi anume pe aceea a constituţiei moleculare a materiei, moleculele fiind tratate drept libere şi supuse numai atracţiei lor reciproce. Ecuaţiile generale ale echilibrului elastic, date de Navier, au totuşi un dublu dezavantaj. În primul rînd, fiindcă nu fac să apară funcţiile de variabilele lui Lagrange care caracterizează deformaţia şi, în al doilea rînd, pentru că nu au sens decît în analiza forţelor din ipoteza moleculară. Dacă aceste ecuaţii marchează un moment important din istoria mecanicii generale, este din cauză că, după lucrările parţiale de la sfîrşitul secolului al XVII-lea şi al XVIII-lea, făcute pe bază experimentală, asupra deformaţiilor liniare şi plane sau asupra problemelor de elasticitate cu una sau două dimensiuni, ele puneau pentru prima dată problema generală a mediilor elastice cu trei dimensiuni.

TEORIA GENERALĂ A ELASTICITĂŢII. După lucrările lui Cauchy, mai trebuie citată o formulare raţională care reprezintă o nouă cucerire a mecanicii analitice şi care se datoreşte lui Lamé (*Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides*, 1852):

„Este de preferat, scrie Lamé, ca problemele referitoare la mecanica moleculară să fie abordate lăsînd nedeterminată influenţa reciprocă a diferitelor feluri de materii, adică fără a face să intervină direct atracţiile şi respingerile care urmează anumite legi ipotetice. Dacă reuşim în acest fel să punem problemele în ecuaţie, atunci natura influenţelor despre care este vorba, forţele care le traduc şi legile lor exacte vor putea fi deduse drept consecinţe. Vom putea reface astfel calea astronomiei teoretice, la care atracţia universală, departe de a fi fost luată drept punct de plecare, a rezultat doar ca o consecinţă obligatorie a legilor mişcării".

Credincios acestui program, Lamé a reuşit într-adevăr să scrie ecuaţiile generale ale elasticităţii, folosind elemente caracteristice ale deformaţiei indicate de Cauchy, precum şi *tensiunile* interne, ale căror existenţă şi definiţie nu impun nici o luare de poziţie prealabilă în legătură cu constituţia materiei.

Din această cauză, rezultatele obţinute nu pot explica fenomenele care privesc direct structura internă a materiei. Ele însă i-au ajutat foarte mult pe fizicieni şi rămîn un model de metodă matematică fecundă, în măsura în care se ţine seama de limitările ei.

Printre aceste rezultate trebuie remarcat acela, rămas clasic, sub numele de „elipsa lui Lamé", pentru cazul particular al problemelor de elasticitate plană, adică pentru cazul în care tensiunile din fiecare punct sînt situate în acelaşi plan. Locul geometric al extremităţii vectorului tensiune din fiecare punct este o elipsă. Este deci deajuns să se cunoască tensiunile „principale", care corespund celor două direcţii perpendiculare ale axelor acestei elipse, pentru a cunoaşte toate celelalte tensiuni. Folosirea descoperirii făcute de Brewster, în 1810, în legătură cu birefrigenţa unui solid omogen şi izotrop supus la deformări, va permite, către sfîrşitul secolului al XIX-lea, să se promoveze o metodă

experimentală de trasare a liniilor de tensiune principale pe modele transparente. Cu toate că substituirea acestor modele în locul corpurilor reale nu a lipsit să provoace alte dificultăţi precum şi multe îndoieli asupra valorii fotoelastimetriei, reţeaua liniilor ortogonale ale tensiunilor principale, făcute vizibile prin această metodă optică, este o dovadă a importanţei pe care o au studiile pur matematice ale echilibrului elastic.

HIDRODINAMICA. În domeniul hidrodinamicii, cinematica deformaţiilor, bazată pe lucrările lui Cauchy, îndreaptă atenţia asupra elementelor care constituiseră pînă atunci principalul obstacol al teorici, adică asupra turbioanelor. În aşteptarea aplicării teoriei funcţiilor de variabile complexe, care va permite, la începutul secolului al XX-lea, o apropiere şi mai mare de o adevărată mecanică raţională a fluidelor, dificultăţile matematice pe care le prezenta integrarea ecuaţiilor cu derivate parţiale continuau să facă nesemnificative progresele teoretice. Teoremele datorate lui Helmholtz („Jurnalul", editat de Crelle, 1858) asupra mişcărilor turbionare, care reprezentau cel mai mare progres făcut în hidrodinamică de la Euler, Lagrange şi Cauchy, nu puteau fi aplicate decît fluidelor perfecte, în care exista o relaţie între densitate şi presiune şi care erau supuse forţelor conservative, adică acelor forţe care derivau dintr-o funcţie de forţe uniformă.

Condiţiile la limită, ca de exemplu starea fluidului în contact cu un perete solid sau cu un alt fluid, condiţii necesare pentru definirea problemei integrării erau, după cum este şi explicabil, mai degrabă obiectul consideraţiilor experimentale, decît acela al unei analize raţionale. Încercările de rezolvare teoretică cele mai remarcabile au fost cele în legătură cu jeturile de lichide prin ajutaje (în continuarea lucrărilor din secolul al XVIII-lea şi, în special, a lucrărilor lui Daniel Bernoulli), şi cu fenomenele de capilaritate şi de viscozitate. Din acest punct de vedere, mai trebuie menţionate, la începutul secolului, teoria capilarităţii a lui Laplace, iar în cea de a doua jumătate a secolului, un memoriu al lui Boltzmann în care se arăta cum puteau fi deduse ecuaţiile fundamentale ale capilarităţii din principiul vitezelor virtuale („Poggendorf Annalen", 1870).

De fapt, studiile cu adevărat importante pentru dezvoltarea mecanicii fluidelor aparţin ştiinţei experimentale. Cu toate acestea, cercetările lui Jean-Léon Poiseuille asupra frecării interne a lichidelor şi gazelor (1846—1847) erau în legătură cu încercarea teoretică a lui Navier de a explica, prin condiţiile la limită (sau în vecinătatea limitelor) şi prin analiza mai minuţioasă a realităţii fizice, anomaliile constatate la curgerea prin conducte de secţiuni diferite, atunci cînd se trece de la secţiuni mari, la secţiuni mici. Cercetările se bazau pe ipoteza unei curgeri ordonate, numită „laminară", la care firele fluide rămîn paralele cu axa tubului.

Prin experienţe, Osborne Reynolds în 1883 a scos în evidenţă necesitatea de a se lua în considerare existenţa turbioanelor chiar în cazul, simplu în aparenţă al curgerii printr-un tub rectiliniu, şi care a făcut să se renunţe la speranţa de a se explica numai prin frecare (a cărei analiză teoretică nu a făcut de altminteri nici un progres în decursul secolului) dificultăţile întîlnite.

Lucrările lordului Rayleigh, ale lui Reynolds și ale lui L. Prandtl, care au îmbinat experiența cu teoria referitoare la curgerile „turbulente", au dat posibilitatea ca, la sfîrșitul secolului al XIX-lea și la începutul secolului al XX-lea, să se dezvolte o mecanică care urma să-și găsească în curînd un minunat domeniu de aplicare, la construcția de nave și de avioane.

PROPAGAREA MIȘCĂRILOR. În timp ce mecanica clasică și metoda ei de analiză matematică se aflau astfel limitate în eforturile lor și obligate să colaboreze în mod considerabil cu științele fizice în ceea ce privește mișcarea fluidelor, ele continuau totuși să aibă succese remarcabile într-un domeniu care ține și el de mecanica mediilor continue, și anume în domeniul propagării mișcării. În urma lucrărilor lui Laplace, Poisson, Cauchy, Riemann, Poncelet, E. Philips, Barré de Saint-Venant ș.a., se remarcă în acest domeniu, spre sfîrșitul secolului, opera magistrală a lui Hugoniot (*Mémoire sur la propagation du mouvement dans les corps*, 1887).

Plecînd de la cazul simplu al unei bare elastice și omogene a cărei mișcare este descrisă de ecuația clasică, considerată deja de Euler (ecuație cu derivate parțiale de ordinul doi), Hugoniot arată cum în fiecare punct integrale distincte iau naștere succesiv și se propagă cu aceeași viteză, atunci cînd prima integrală, care satisface condițiile de mișcare impuse la extremități, întîlnește o incompatibilitate în cursul propagării ei. Atunci cînd două integrale se întîlnesc într-un punct fără discontinuitate de elongație sau a derivatelor, ele sînt numite compatibile și subzistă amîndouă. Viteza punctului de întîlnire este denumită viteza de propagare a unei integrale în cealaltă. Ea este soluția ecuației caracteristicilor ecuației cu derivate parțiale a mișcării.

Analiza lui Hugoniot permite astfel definirea precisă a tuturor mișcărilor susceptibile de a se propaga într-un corp elastic aflat într-o mișcare particulară, fără a se introduce discontinuități. Așa cum spune el însuși, integrarea ecuației cu derivate parțiale a mișcării nu se apropie prin aceasta de rezolvare, dar i se pot găsi o mulțime de soluții particulare, și astfel se face un nou pas înainte în studiul fenomenelor naturale. Hugoniot aplică aceleași principii la gazele perfecte, modificînd în mod adecvat definiția vitezei de propagare a unei integrale în cealaltă, și se ocupă de mediile elastice de orice natură, avînd discontinuități sau incompatibilități care, la întîlnirea a două integrale, creează matematic o nouă integrală. Avem de-aface în cazul acesta cu o ficțiune analitică care ține de modul de tratare al problemei, sau este vorba de o realitate fizică? După părerea lui Hugoniot, este imposibil să se răspundă la această întrebare. Indiferent de faptul dacă discontinuitățile au sau nu o existență reală, matematicianul este obligat să analizeze influența lor asupra fenomenelor de propagare a mișcării.

În definitiv, analiza lui Hugoniot dă posibilitatea ca, plecînd de la o mișcare dată (integrala particulară), să se studieze neregularitățile pe care le poate suferi mișcarea atunci cînd se repetă un proces de propagare sau de naștere a unei noi mișcări. Alături de seriile lui Fourier pentru analiza mișcărilor vibratorii, acest instrument formal pus la dispoziția fizicienilor este de o importanță majoră.

C. MIŞCAREA RELATIVĂ ŞI NOŢIUNEA DE SISTEM DE REFERINŢĂ

EXISTENŢA UNEI LACUNE. Relativitatea mişcării, adică faptul că mişcarea nu poate fi definită precis decît în raport cu un reper bine determinat, era o noţiune binecunoscută savanţilor din secolul al XVII-lea. În special, Huygens ştiuse să deducă din schimbarea sistemului de referinţă o metodă strălucită pentru elaborarea legilor şocului. Dar promotorii mecanicii clasice din secolul al XVIII-lea, precum şi creatorii mecanicii analitice de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea şi de la începutul secolului al XIX-lea, se ocupaseră mai mult de dezvoltarea tuturor consecinţelor matematice ale principiilor stabilite pentru analiza dinamică a mişcării, decît cu meditaţii asupra implicaţiei pe care ar putea-o avea în această analiză studiul reperului mişcării. Clairaut a fost singurul care şi-a propus, în 1742, să afle „ce se întîmplă cu un sistem oarecare de corpuri, aflate sub acţiunea gravitaţiei sau a altor forţe acceleratoare, atunci cînd acest sistem, legat prin una din părţile sale de un plan, este antrenat, împreună cu planul, într-o mişcare „curbilinie şi variabilă oarecare" şi a ajuns la un principiu incomplet (permanenţa analizei dinamice obişnuite, cu condiţia ca la forţele date să se adauge forţe „de inerţie de antrenare") care, aplicat numai la cazuri în mod incidental favorabile n-a dat totuşi rezultate inexacte.

CORIOLIS ŞI SCHIMBAREA REPERULUI. De-abia în prima jumătate a secolului al XIX-lea, lacuna considerabilă, pe care am semnalat-o în legea fundamentală a mecanicii, şi anume neglijarea sistemului de referinţă, a fost completată prin lucrările lui Coriolis („Journal de l'École polytechnique", 1832 şi 1835). Deşi pare puţin verosimil ca memoriul lui Clairaut să-i fi scăpat lui Coriolis, totuşi acesta nu citează nici o sursă, iar cercetările sale au drept origine teoria roţilor hidraulice, abordată, după J. Bernoulli, Euler şi Borda, de către Navier şi Ampère. „Aflarea mişcării unei maşini oarecare, avînd anumite părţi animate de o mişcare dată", aceasta este problema practică pe care Coriolis îşi propune să o rezolve mai întîi şi care îl determină ca, aproape fără voia lui, să studieze comparativ acceleraţiile luate faţă de două sisteme de referinţă aflate în mişcare unul faţă de celălalt. Numele lui Coriolis a rămas legat de această lege de compunere, care ţine de cinematica pură, şi aceasta pe bună dreptate, fiindcă lui i se datoreşte tot ce a fost necesar formulării ei. Deşi scopul lui nu a fost această lege, fiindcă el raţiona ca dinamician asupra forţelor care trebuiau să intervină în teoria anumitor maşini, totuşi descoperirea lui este cu atît mai remarcabilă.

Legea lui Coriolis se exprimă de altminteri în termeni care pot fi folosiţi direct pentru completările ce au trebuit să fie aduse legii fundamentale a mecanicii clasice atunci cînd, mai tîrziu, s-a recunoscut că ea presupunea sisteme de referinţă privilegiate. Studiul mişcării relative a unui sistem de corpuri, sau al unei maşini oarecare în raport cu un reper care are el însuşi o mişcare cunoscută în raport cu Pămîntul, se face, aşa cum arată Coriolis, aplicînd aceeaşi lege de coordonare a forţei cu mişcarea, dar adăugînd la for-

ţele care acţionează asupra sistemului două feluri de forţe de inerţie complementare, şi anume forţele centrifuge de antrenare (care ar fi forţele de inerţie ale sistemului, dacă acesta ar fi fixat de reperul mobil) şi „forţele centrifuge compuse" care rezultă atît din mişcarea relativă, cît şi din mişcarea reperului, şi care constituie descoperirea fundamentală a lui Coriolis.

NOI FAPTE EXPERIMENTALE: REICH, FOUCAULT. Din această descoperire rezultă că mecanica terestră, adică ştiinţa mişcărilor raportate la reperul Pămînt, era în primejdia de a trebui să fie reexaminată prin luarea în considerare a forţelor centrifuge compuse care rezultă din mişcarea Pămîntului.

Reluînd o foarte veche problemă a mecanicii lui Aristotel, a cărei negare a permis progresul mecanicii la sfîrşitul secolului al XVI-lea şi la începutul secolului al XVII-lea, F. Reich, făcînd experienţe în 1833 cu proiectile în cădere liberă într-un puţ de mină de 158 m adîncime de lîngă Freiberg, a arătat că se producea o abatere medie de 28 mm, spre est, a punctului de cădere, faţă de piciorul verticalei. Această anomalie ireductibilă lăsa să se înţeleagă că Pămîntul nu este un reper privilegiat în sensul în care acest termen va fi definit în mod precis mai tîrziu, adică un reper în raport cu care legea fundamentală a dinamicii clasice se aplică cu toată rigoarea.

Fără să cunoască, după cîte se pare, lucrările lui Coriolis şi fără să înţeleagă clar principiile puse în discuţie, fizicianul Léon Foucault (1819—1868) prezintă, în 1851, rezultatul celebrelor sale experienţe într-un memoriu intitulat *Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule.* Ideea intuitivă a acestui experimentator remarcabil era aceea că dacă planul de oscilaţie al unui pendul este fix faţă de spaţiul în care pluteşte Pămîntul (spaţiu care este în acest caz un reper privilegiat), atunci rotaţia Pămîntului în jurul lui însuşi trebuie să fie pusă în evidenţă prin rotaţia în raport cu Pămîntul a aceluiaşi plan de oscilaţie.

Faptul că ultima experienţă, făcută la Paris, în Panthéon, la începutul anului 1851, cu un pendul de 28 kg suspendat de un fir de oţel de 67 m, a dat rezultatele spectaculoase aşteptate, s-a datorat condiţiilor de experimentare care au atenuat foarte mult cauzele de amortizare a oscilaţiilor lente şi au permis ca observaţia să fie prelungită un timp destul de îndelungat pentru a se putea beneficia, aşa cum notează Foucault, de „acumularea efectelor".

Nu se poate sublinia îndeajuns măsura în care succesul răsunător al experienţei pendulului lui Foucault s-a datorat mai degrabă simţului ascuţit de experimentare al autorului ei, decît unei concepţii teoretice clare asupra problemei. De-abia mai tîrziu, datorită lucrărilor generate de descoperirea fenomenului, mecanicienii urmau să acorde noţiunii de sistem de referinţă privilegiat toată atenţia necesară şi să includă experienţa lui Foucault într-o formulare raţională şi logică, pe deplin satisfăcătoare.

GIROSCOPUL. Nu am putea trece totuşi mai departe fără să atragem atenţia asupra perfecţionării aduse de Foucault materialului său experimental, destinat să pună în evidenţă rotaţia Pămîntului. Un pendul, ca acela folosit la

Panthéon, este un instrument incomod și necesită mijloace importante. Talentul de fizician al lui Foucault s-a manifestat și în invenția „unui instrument redus la dimensiuni mici și ușor de transportat", care dă aceleași rezultate ca și pendulul. Este vorba de giroscop, aparat destinat unor aplicații nenumărate și care merită o mențiune specială, fiindcă simbolizează, prin însăși construcția lui la mijlocul secolului al XIX-lea, fecunditatea uniunii dintre știința teoretică și tehnica experimentală.

Studiul teoretic al rotației corpurilor, această cucerire a secolului al XVIII-lea, realizată prin lucrările lui Euler, d'Alembert și Lagrange, dăduse posibilitatea să se pună în evidență existența axelor privilegiate, numite de rotație permanentă. În 1834, Poinsot desăvîrșește soluția teoretică a acestei probleme și elaborează o reprezentare geometrică foarte elegantă cu ajutorul rostogolirii elipsoidului de inerție al corpului pe un plan fix. Această soluție, care și-a păstrat numele de „mișcare de tipul lui Poinsot", arată imediat că orice solid suspendat de centrul său de greutate, și care se află deci în echilibru indiferent, trebuie să-și păstreze mișcarea de rotație imprimată, dacă rotația se produce în jurul uneia din axele privilegiate despre care s-a vorbit mai sus.

Foucault imaginează în 1852 un dispozitiv care permite utilizarea acestui rezultat. Giroscopul lui Foucault este un tor de bronz, montat în interiorul unui cerc metalic, astfel încît centrul lui de greutate să fie fix, și al cărui ax este o axă de rotație permanentă. Conform teoriei, această axă trebuie să rămînă fixă, iar rotația constantă, atunci cînd torul este pus în mișcare de rotație în jurul axei. Dar, ca și în cazul planului de oscilație al pendulului, este necesar să știm care este reperul la care ne referim. Dacă reperul este spațiul ambiant și nu Pămîntul, și dacă Pămîntul se rotește față de acest spațiu, axa giroscopului va trebui să evidențieze ultima rotație, deplasîndu-se în raport cu Pămîntul. Și tocmai aceasta se întîmplă în realitate.

LECȚIA DESCOPERIRILOR. De fapt, forța centrifugă compusă a lui Coriolis, pendulul și giroscopul lui Foucault sînt cuceriri majore ale mecanicii secolului al XIX-lea. Prima din ele se bazează mai mult pe analiza matematică, pe cînd cealaltă, dimpotrivă, pe intuiție și experiență, fiind caracterizate totuși de interacțiunea dintre teorie și tehnică. Născute izolat, tratatele clasice le contopesc, de la începutul secolului al XX-lea, într-o aceeași explicație rațională. Dacă acestei explicații i-a trebuit atîta vreme pînă să fie elaborată, aceasta a fost tocmai din cauza greutății de a face să reiasă lecția comună și esențială pe care o dau cele două cuceriri, și anume că legea dinamicii clasice cuprinde în ea însăși postulatul existenței reperelor de mișcare privilegiate. Numai revoluția relativistă va da posibilitatea ca această dificultate să fie învinsă.

D. MARILE TEORII FIZICE ŞI MECANICA

Ne este imposibil să vorbim de mecanica secolului al XIX-lea fără să facem o menţiune specială despre influenţa ei asupra fizicii. Ne vom limita desigur numai la cîteva aspecte mari, şi anume la acelea care corespund organizării fizicii pe baza teoriilor inspirate direct de către modelul mecanic[1].

TERMODINAMICA. Este inexact că la sfîrşitul secolului al XVIII-lea fizicienii ar fi fost în întregime partizanii „caloricului", adică ar fi considerat căldura ca un fluid răspîndit în întreaga natură, fluid care obliga corpurile să conserve sau să propage căldura, conform cu temperatura sau cu proprietăţile lor. Ipoteza căldurii ca rezultat al mişcării moleculare, reprezentată prin forţa vie a acestei mişcări, era cunoscută de Lavoisier şi de Laplace, care totuşi nu găsiseră încă motive suficient de puternice pentru ca s-o adopte pe de-a întregul. Dezvoltarea maşinii cu abur, împreună cu descoperirea dublului efect de către James Watt şi cu experienţele lui Rumford asupra încălzirii produse prin rotaţii rapide cu frecare au pus problema corespondenţei dintre căldură şi lucrul mecanic. Efectele înregistrate de Rumford erau incompatibile cu teza unei simple modificări a căldurii specifice a corpurilor.

„Nu-mi pot face nici o reprezentare despre căldură, declara el, dacă n-am dreptul să o consider ca mişcare" („Philosophical Transactions", 1789).

Diferitele lucrări asupra încălzirii gazelor prin comprimare şi asupra răcirii lor prin destindere, datorate lui E. Darwin (1788) şi J. Dalton (1802), completează şi ele elementele experimentale care scot în evidenţă existenţa unei relaţii între lucrul mecanic şi căldură. Pentru a se afla în faţa unei prime încercări de studiu raţional al acestei probleme, lumea ştiinţifică va trebui totuşi să aştepte lucrarea *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824) a lui Sadi Carnot.

Carnot mai şovăie încă între concepţia căldurii ca fluid material şi a căldurii ca rezultat al mişcării moleculare. Aceasta explică de ce efortul lui de raţionalizare nu s-a îndreptat de la început către echivalentul mecanic al căldurii, pe care îl bănuia numai, ci către descoperirea structurii maşinilor termice. Carnot ajunge pe această cale la ceea ce se va numi cel de al doilea principiu fundamental al termodinamicii, în timp ce primul principiu (al conservării energiei) va fi descoperit mai tîrziu. După cum arată el, orice maşină termică presupune existenţa unei surse calde şi a unei surse reci, iar funcţionarea ei atrage după sine transportul unei cantităţi de căldură de la prima sursă la cea de a doua. „Maşina cu foc" poate fi deci comparată cu o moară de apă. După cum este nevoie de o cădere de apă pentru a face să funcţioneze un motor hidraulic, tot aşa este nevoie de o „cădere" de cantitate de

[1] Amănuntele privitoare la progresele termodinamicii, opticii teoretice, magnetismului şi electricităţii sînt expuse în studiile lui G. Allard, pp. 281—304, ale doamnei M.-A. Tonnelat, pp. 171—184 şi ale lui E. Bauer, pp. 209—268.

căldură pentru a face să funcționeze un motor termic. Se vede că analogia mecanică care călăuzește cercetarea lui Carnot lasă oarecum neprecizată natura căldurii și poate fi interpretată cu mai multă ușurință prin ipoteza fluidului caloric. Dar ea îi va permite autorului să afirme un principiu care va marca discuțiile asupra acestei probleme, principiu care este de altfel fundamental. La o mașină „cu foc", funcționînd în cele mai bune condiții, pentru o anumită cantitate de căldură furnizată cazanului, rezultă un anumit lucru mecanic obținut, care este independent de agenții folosiți pentru a-l realiza; în ultimă analiză, lucrul mecanic este determinat numai de temperaturile corpurilor între care se face transportul de căldură.

În 1842—1843, lucrările teoretice ale lui Robert Mayer și ale lui Colding introduc în mod explicit noțiunea de echivalență între căldură și lucrul mecanic și ridică principiul conservării forței vii la rangul de lege generală aplicabilă fenomenelor termice. Imboldul definitiv a fost dat totuși de experiențele lui James Joule, din 1843, care au evidențiat proporționalitatea dintre căldura degajată și lucrul mecanic furnizat, oferind posibilitatea unei definiri precise a echivalentului mecanic al căldurii. Noțiunea de energie, existentă totuși de-a lungul întregii dezvoltări a mecanicii clasice, capătă atunci, datorită lui Helmholtz, o aplicare generală. Un corp are energie mecanică, dacă poate produce un lucru mecanic, iar fenomenele de căldură, de electricitate, de combinație chimică pot fi asociate cu producerea unui lucru mecanic. Din moment ce s-a ajuns la această concluzie, este firesc ca pe lîngă energia mecanică să se ia în considerație și energia calorică, energia electrică și energia chimică, și să se stabilească următorul principiu: dacă dintr-un sistem izolat dispare un anumit lucru mecanic, sau un echivalent de lucru mecanic făcînd parte din diferite forme de energie, același lucru mecanic trebuie să apară sub alte forme.

Mecanica a furnizat deci, la mijlocul secolului al XIX-lea, studiului fenomenelor termice temele fundamentale. Datorită interpretărilor și dezvoltărilor aduse în 1834 de către Clapeyron operei lui Carnot, noile idei ale energeticii au fost ferite de erorile pe care ar fi putut să le provoace o concepție prea strîmtă a conservării energiei totale a unui sistem izolat, precum și a corespondențelor matematice dintre diferitele forme de energie. O nouă etapă este străbătută în 1850 datorită lucrărilor lui William Thomson și Clausius care scot în evidență degradarea energiei. Chiar dacă există o echivalență între 430 kgm și 1 kcal, totuși nu este același lucru dacă se ia în considerație una sau cealaltă formă de energie. Energia mecanică poate fi totdeauna folosită în totalitatea ei, ceea ce nu este cazul cu energia calorică. Pentru ca 1 kcal să poată fi făcută să restituie în întregime echivalentul ei mecanic ar trebui să imaginăm un șir de căderi de căldură între surse calde și surse reci pînă s-ar ajunge la temperatura de zero absolut, adică un proces imposibil. Pe de altă parte, din cauză că energia mecanică este însoțită întotdeauna, atunci cînd este folosită, de o degajare de căldură, egalizarea temperaturii, care tinde să se producă de la sine într-un sistem izolat, face ca energia calorică eliberată să fie din ce în ce mai puțin utilizabilă.

Termodinamica, această ştiinţă apropiată de mecanica clasică prin metodele şi prin conceptele ei, pe care lucrările lui Planck de la sfîrşitul secolului (1887—1892) au făcut-o atît de utilă pentru fizica modernă, se construieşte deci pe un principiu ameliorat: într-un sistem izolat energia se conservă, dar se degradează.

Afirmaţia despre căldură că este o formă de energie (şi încă o formă degradată) nu ne dă însă nici o informaţie asupra naturii fenomenului, astfel că energia rămîne o mărime abstractă, de tip matematic. Era deci firesc că pe lîngă explicaţia energetică, fizicienii să fi căutat să găsească o explicaţie a energiei calorice în agitaţia moleculelor, influenţaţi fiind de lucrările lui Dalton, Avogadro şi Gay-Lussac asupra constituţiei moleculare a materiei. Creată de Krönig (1856) şi perfecţionată de Clausius (1857), teoria cinetică a gazelor înregistrează succese importante care dau posibilitatea ca, în legătură cu energetica, să se stabilească ecuaţia de stare, de care va rămîne legat numele lui Van der Waals (1873). Această ecuaţie, care exprimă relaţia generală dintre presiune, densitate specifică şi temperatură, se înscrie printre acele ecuaţii necesare mecanicii fluidelor care, reducîndu-i arbitrariul soluţiilor, o fac să se apropie de o adevărată ştiinţă a fenomenelor naturii.

Pe de altă parte, agitaţia moleculelor nu se mărgineşte numai la explicarea echivalenţei dintre energia mecanică şi energia calorică. Boltzmann arată că energia calorică nu este o energie cinetică ordinară, ci o energie cinetică de agitaţie dezordonată, şi că degradarea ei este provocată de evoluţia spre dezordine a mişcărilor moleculare. În felul acesta, cea de a doua lege fundamentală a termodinamicii capătă o explicaţie mecanică şi se precizează în acelaşi timp condiţia ei de valabilitate, şi anume complexitatea materiei raportată la scara noastră. Atunci îşi face intrarea în fizica matematică calculul probabilităţilor, fiindcă dezordinea nu poate ţine seama decît de legi statistice.

Dezvoltarea teoriilor mecanice ale căldurii marchează limita de aplicare a instrumentului matematic al mecanicii clasice şi deschiderea de noi perspective.

OPTICA. Optica geometrică, născută în secolul al XVII-lea, îşi datorează dezvoltarea atît matematicienilor, cît şi constructorilor de instrumente. La începutul secolului al XIX-lea însă, doi mari matematicieni, Hamilton şi Gauss, îi aduc o contribuţie remarcabilă. Influenţarea cercetărilor de către modelul furnizat de mecanică este deosebit de evidentă în opera lui Hamilton.

„Indiferent dacă adoptăm teoria lui Huygens (ondulatorie), aceea a lui Newton (a emisiei) sau orice altă teorie pentru a explica legile care guvernează propagarea razelor luminoase, afirmă Hamilton, putem considera aceste legi, precum şi proprietăţile şi relaţiile traiectoriilor luminii, ca fiind demne de un studiu separat, pe care am putea să-l numim optica matematică".

Hamilton pune la baza opticii matematice, după modelul mecanicii analitice, calculul variaţiilor aplicat unei funcţii integrale numită „acţiune", al cărei element diferenţial este produsul indicelui mediului cu deplasarea ele-

mentară ds. Printre consecinţele doctrinei lui Hamilton îşi află locul de asemenea principiul drumului optic extrem al lui Fermat precum şi teorema lui Huygens (conform căreia razele oricărui sistem omogen, provenite dintr-un acelaşi punct sau normale iniţial la o suprafaţă, rămîn normale la o familie de suprafeţe după ce au suferit un număr oarecare de reflexii şi de refracţii). Meritul esenţial al acestei doctrine constă deci în faptul că permite atît o interpretare corpusculară (în sensul principiului dinamic al minimei acţiuni), cît şi o interpretare ondulatorie. Avem de-a face cu acel dualism la care fizica modernă n-a renunţat şi care s-a dovedit deosebit de fecund.

Natura ondulatorie a luminii fixează însă opticii geometrice sau matematice limite de valabilitate, care sînt deosebit de evidente la microscoape, aşa cum au arătat Abbe şi Helmholtz. Aceste limite de valabilitate, care, de altminteri, au fost recunoscute cu întîrziere, nu sînt totuşi elementul cel mai caracteristic al istoriei contactelor dintre optică şi mecanică. Contribuţia esenţială în această problemă a fost adusă de dezvoltarea teoriei ondulatorii.

După tratatul magistral al lui Huygens, bazat pe concepţia unei mişcări ondulatorii de vibraţii longitudinale, teoria luminii a suferit o oarecare stagnare în decursul secolului al XVIII-lea. Perioada de activitate intensă, care a început în 1801, cu descoperirea fenomenului de interferenţă de către Thomas Young, este continuată între 1815 şi 1819 cu lucrările lui Fresnel şi Arago. Începînd de atunci, lumina este identificată cu o mişcare ondulatorie de vibraţii transversale. Această descoperire a produs mari dificultăţi teoriei şi modelelor mecanice. Într-adevăr, teoria elasticităţii permite explicarea vibraţiilor transversale în solide, dar nu şi în lichide sau gaze. Ipoteza eterului elastic, ca mediu de propagare a vibraţiilor luminoase foarte rapide, nu putea să ducă la nici o soluţie satisfăcătoare. În 1864, o soluţie este dată de Maxwell prin undele electromagnetice, care permit, aşa cum a arătat Lorentz în 1875, să se explice din punctul de vedere al intensităţii luminoase legile reflexiei şi ale refracţiei stabilite de Fresnel, confirmate de experienţă şi refractare oricărei interpretări prin teoria elasticităţii. Descoperirile lui Hertz din 1888 fac ca undele electromagnetice să treacă din domeniul teoretic în cel experimental şi asigură triumful definitiv al previziunilor lui Maxwell.

Faptul că evenimentul capital al secolului al XIX-lea, din punct de vedere fizic, este realizat prin electromagnetism, şi nu pe baza unor anumite modele puse la dispoziţie de către mecanica clasică, nu trebuie să ne ducă la concluzia că această din urmă ştiinţă nu mai are nici o influenţă şi nici o autoritate. Istoria electricităţii şi a magnetismului nu favorizează în nici un caz o asemenea concluzie, ci, dimpotrivă, o infirmă. Ca să fim mai precişi, în acest domeniu privilegiat al contactelor dintre fizică şi mecanică, ceea ce trebuie scos în evidenţă sînt fecundele influenţe reciproce.

ELECTRICITATEA ŞI MAGNETISMUL. Ştiinţa fenomenelor electrice începe la sfîrşitul secolului al XVIII-lea odată cu legea lui Coulomb, conform căreia forţa care se exercită între două sarcini electrice este invers proporţională cu pătratul distanţei dintre ele. Analogia cu legea lui Newton îi dă lui Poisson, în 1811, posibilitatea de a extinde la electricitate teoria potenţialului dezvol-

tată în mecanică pentru gravitația universală. În noul domeniu deschis astfel cercetărilor, experimentarea și matematizarea merg mînă în mînă. Numele lui Gauss este legat nu numai de îmbunătățirile aduse teoriei potențialului (1839), ci și de definirea practică a cantităților de electricitate, precum și de primul sistem rațional de unități electrice și magnetice.

O nouă perspectivă asupra fenomenelor electrice se deschide în 1820 odată cu experiența lui Oersted asupra devierii acului magnetizat de către curentul electric. Numeroase lucrări scot în evidență, între 1820 și 1822, natura proprietăților magnetice ale curenților. Numele lui Faraday și Ampère sînt strîns legate de aceste descoperiri, care sînt exprimate în esență prin limbajul mecanic al cîmpurilor de forțe și care pun bazele noii științe a electricității ca o știință „electrodinamică". Ohm folosește în 1826 proprietățile magnetice ca să definească și să măsoare intensitatea curenților. Analogia cu mișcarea îl conduce, pe de altă parte, la studiul rațional, rămas clasic, care diferențiază noțiunile caracteristice de forță electromotoare, de cădere de tensiune sau de potențial și de intensitate a curentului.

Faraday descoperă în 1831 inducția și apoi, în 1837, influența dielectricilor asupra fenomenelor electrostatice. Începînd din 1846, tot pe cale experimentală, el dovedește generalitatea proprietăților diamagnetice ale materiei și ajunge la o concepție fundamentală pentru dezvoltările teoretice de mai tîrziu, și anume la ideea că acțiunile electrice și magnetice nu sînt acțiuni instantanee la distanță, ci sînt transmise de către dielectric, care este sediul cîmpului electric sau magnetic. Ideea care l-a condus pe Maxwell, în 1855—1856, la primul studiu matematic al cîmpului forțelor magnetice ale curenților și la binecunoscuta lui ecuație diferențială vectorială se datorează acestor lucrări ale lui Faraday.

După cum se vede, fie că se iau în considerație lucrările generate la începutul secolului de legile lui Coulomb prin analogie cu gravitația universală, și în care accentul este pus pe forțele datorate sarcinilor electrice sau magnetice, fie că se consideră lucrările generate la mijlocul secolului prin descoperirea fenomenelor electromagnetice, în care accentul este pus pe noțiunea de cîmp de forțe suportat de un mediu, sarcinile nemaifiind — ca să spunem așa — decît niște puncte singulare ale cîmpului, rezultă cu certitudine că gîndirea, vocabularul și rezultatele mecanicii se întrepătrund cu dezvoltarea teoriilor electricității. Sistemul ecuațiilor, numite ale lui Maxwell, simbolizează informația transmisă de mecanică fizicii, factor mai pregnant decît încercarea lui Maxwell din 1862 de a realiza o imagine mecanică a cîmpului magnetic (încercare părăsită de altfel de propriul ei autor), și mai pregnant decît „tensiunile" imaginate de același savant de-a lungul liniilor de forțe ale cîmpului electric sau magnetic pentru a explica transmisiile dinamice după modelul tensiunilor elastice. După lucrările lui Heinrich Hertz, care a dat în 1890 legii inducției a lui Faraday forma de ecuație diferențială, formă sub care ea se alătură ecuațiilor lui Maxwell, ecuațiile electromagnetismului capătă același aspect și aceeași simetrie estetică ca și ecuațiile canonice ale mecanicii analitice. În fine, în 1884, Poynting introduce în electromagnetism noțiunea de flux de

energie, iar în 1900 Lorentz şi Henri Poincaré arată că acestui flux de energie i se poate asocia o „cantitate de mişcare electromagnetică".

Sfîrşitul secolului marchează totuşi epoca în care lumea ştiinţifică îşi dă seama de imposibilitatea de a reduce în mod general electrodinamica la mecanică. Din contră, îşi face drum tocmai ideea opusă. Faptul că o sarcină în mişcare antrenează cu ea cîmpul ei electromagnetic şi că aceasta comportă o cantitate de mişcare sugerează concepţia masei inerte a mecanicii sub formă electromagnetică. Teoria care a rezultat din această concepţie nu s-a menţinut multă vreme. Se poate totuşi spune că în afară de progresul teoriei potenţialului (a potenţialului vectorial şi a potenţialului scalar) şi de acela al energeticii, provocate de electrodinamică, mecanica datorează noii ştiinţe, în schimbul analogiilor cu care i-a călăuzit primii ei paşi, limbajul şi conceptele care vor permite saltul de la dinamica newtoniană la dinamica relativistă.

E. MECANICA FIZICĂ ŞI ANALIZA METODEI MECANICII CLASICE

POISSON ŞI MECANICA FIZICĂ. Expresia de mecanică fizică este folosită de Poisson, începînd din 1814, în opoziţie cu mecanica analitică.

„A fost nevoie, spune Poisson (ca principalele probleme de mecanică) să fie tratate într-un mod cu totul abstract pentru ca să se descopere legile generale ale echilibrului şi ale mişcării. În această formă de abstracţie, Lagrange a mers atît de departe cît se poate imagina, atunci cînd a înlocuit legăturile fizice ale corpurilor prin ecuaţii între coordonatele diferitelor puncte. Aceasta este ceea ce constituie mecanica analitică. Dar, alături de această concepţie admirabilă, am putea construi acum mecanica fizică al cărei principiu unic să fie acela de a reduce totul la acţiunile moleculare care transmit dintr-un punct în altul acţiunea forţelor date şi care mijlocesc echilibrul acestora. În felul acesta, n-am mai fi obligaţi să facem ipoteze speciale atunci cînd am voi să aplicăm regulile generale ale mecanicii la probleme particulare".

Rezultă din cele de mai sus că încă de la începutul secolului a început o adevărată analiză metodologică. Legăturile abstracte ale mecanicii analitice sînt însuşi tipul procedeului matematic imaginat pentru a ocoli dificultatea unei analize complexe a unor fenomene, cum ar fi coeziunea internă a materiei, relaţiile de contact între sisteme materiale etc. Pentru fizician, după Poisson, acţiunile moleculare, care se exercită în fiecare cuplu de puncte materiale, exprimă natura intimă a lucrurilor. Mecanica fizică suprimă deci noţiunea abstractă de legătură şi tratează sistemele materiale ca şi cînd ele ar fi constituite din puncte libere, adăugînd însă la forţele considerate de prima mecanică acţiunile moleculare. După Poisson, pentru cel ce nu se interesează decît de consecinţe, cele două mecanici sînt echivalente.

Aflăm aici dezvoltarea unei idei a lui Laplace. Poisson şi-a făcut mulţi discipoli, în special printre creatorii elasticităţii. Navier, Cauchy, Barré de Saint-Venant, Boussinesq, de Freycinet, aceştia sînt succesorii care au extins pînă în cea de a doua jumătate a secolului doctrina lui Poisson.

UN EXEMPLU CARACTERISTIC: TEORIA CAPILARITĂŢII. În aceeaşi ordine de idei, trebuie menţionate în mod deosebit eforturile făcute pentru elaborarea, în cursul primei jumătăţi a secolului, a unei teorii în legătură cu care vom regăsi numele promotorilor mecanicii fizice. Este vorba de teoria acţiunii capilare.

Fenomenul, specific lichidelor, care face ca apa să se ridice împotriva gravitaţiei în tuburile fine (capilare), era cunoscut de multă vreme şi constituia o dificultate foarte mare, în special la măsurarea precisă a presiunilor prin înălţimea lichidului în barometre şi manometre. Contribuţia fundamentală a studiilor, generate şi continuate în acest domeniu în decursul secolului al XIX-lea, a constat în stabilirea de raporturi între fenomene diferite: forma picăturilor de rouă, menţinerea acestor picături pe frunze, consistenţa băşicilor de săpun, peliculele lichide de pe corpurile introduse în lichide etc., raporturi care, cu ajutorul materialului mintal al mecanicii, puteau fi exprimate prin existenţa tensiunilor superficiale.

Tensiunea superficială, o noţiune abstractă la origine, nu este cu nimic mai prejos de noţiunile care au făcut succesul mecanicii analitice, reprezentînd şi ea un mijloc de a ocoli dificultatea unei analize de structură complexă şi de a obţine rezultate utile fizicienilor. Ea este elementul esenţial al teoriilor raţionale, care se succed prin Young, Laplace, Poisson şi Gauss pînă în 1832, şi nu va deveni obiect de măsură şi realitate experimentală decît în 1885, cînd marele fizician ungur Lóránd Eötvös (1848—1919) va fi pus la punct o tehnică de eliminare a numeroaselor cauze perturbatoare, astfel ca suprafaţa meniscului lichid să nu mai vină în contact decît cu proprii săi vapori şi să fie utilizată ca oglindă curbă pentru operaţiile optice.

Fenomenele reunite sub numele generic de acţiune capilară evocă însă în mod irezistibil ideea forţelor de aderenţă în domeniul invizibilului. Încă de la începutul secolului al XVIII-lea, Josias Weitbrecht şi Hawksbee luaseră în considerare ipoteza unei atracţii deosebite de aceea a gravitaţiei, foarte puternică atunci cînd distanţa dintre particulele materiale este mică, şi imperceptibilă atunci cînd această distanţă se măreşte. Această ipoteză a influenţat lucrările lui Young, Laplace şi Poisson, însă pentru aceştia din urmă funcţia unei analize moleculare a materiei şi a atracţiei reciproce a particulelor se reduce practic la explicarea tensiunilor superficiale.

Fără îndoială că concepţia unei materii insulare, formată din insuliţe de materie puternic condensată şi despărţite între ele de un ocean de vid relativ, a găsit, în 1862, prin W. Thomson, argumente hotărîtoare. În 1869 Quincke a demonstrat însă că distanţa peste care atracţia capilară devine imperceptibilă (distanţă numită rază de activitate moleculară) este extrem de mică (mai mică de $50 \cdot 10^{-6}$ mm, limită care a fost redusă mai tîrziu la $10 \cdot 10^{-6}$ mm).

N-ar fi deci cazul să i se reproşeze lui Laplace şi lui Poisson că au considerat materia lichidă a peliculelor supuse acţiunii capilare ca fiind cvasicontinuă. Teoriile lor, ale căror rezultate au fost şi rămîn utile, dovedesc sprijinul pe care şi l-au dat una alteia mecanica fizică şi mecanica analitică, precum şi acordul acestora în ceea ce priveşte consecinţele.

DIFICULTATEA ESENŢIALĂ. Şi totuşi cele două mecanici sînt departe de a fi echivalente. În concepţia lui Poisson, este imposibil să se explice echilibrul unui sistem sustras oricărei acţiuni exterioare. Toate punctele materiale (fără dimensiuni) ar trebui să tindă să se unească într-un singur punct sub acţiunea atracţiilor reciproce interne.

Paradoxul nu era nou. Pericolul unei condensări masive a materiei fusese semnalat de mai multe ori în decursul secolului al XVIII-lea. Acest pericol generase în special o operă care îşi depăşea în largă măsură şi în mai multe privinţe epoca şi care, tocmai din această cauză, n-a avut ecoul pe care îl merita. Într-adevăr, R. Bošković propunea în *Philosophiae naturalis theoria* (Viena, 1758) înlocuirea legii newtoniene a atracţiei printr-o lege mai complexă, care prevedea o alternanţă de atracţii şi de respingeri pe măsura micşorării distanţelor, respingerile rămînînd singure în acţiune şi mărindu-se fără încetare atunci cînd distanţa scade sub o anumită limită.

În secolul al XIX-lea, Navier se îndreaptă într-o direcţie puţin diferită pentru a înlătura inconvenientul care constituia principalul obstacol al teoriei. Ca şi Bošković, Navier îşi îndreaptă atenţia asupra „stării naturale" a corpurilor, caracterizată prin absenţa atracţiilor interne, considerînd însă că acestea apar de îndată ce se produce o deformaţie.

Această corecţie, oarecum artificială, nu înlătură totuşi dificultatea majoră: imposibilitatea de a se stabili o distincţie logică între solidul elastic izotrop şi lichidul compresibil. Or, între aceste două sisteme materiale există o deosebire reală, care ne obligă să atribuim primului un coeficient de elasticitate la tracţiune, fără ca să putem face acelaşi lucru şi pentru al doilea.

Aşa cum a observat Lamé, mecanica fizică mai suferea, pe de altă parte, de o dificultate logică considerabilă. Pentru a-şi conduce pînă la capăt calculele în care, după pretenţia ei, ar fi trebuit să regăsească rezultatele mecanicii analitice, mecanica fizică era obligată, mai devreme sau mai tîrziu, să-şi transforme sumele discrete în integrale, să renunţe de a mai trata corpurile ca pe nişte simple grupări de puncte materiale şi să restituie materiei continuitatea pe care i-o refuzase mai înainte.

FIZICA ŞI MODELELE MECANICE. Dezbaterea metodologică generată de încercarea lui Poisson ajunge deci într-un impas. Fizicienii de la sfîrşitul secolului mai vorbesc cîteodată despre mecanica fizică, dar în cu totul alt sens decît în acela al dezvoltării unor teorii fizice avînd o legătură cu modelele mecanice despre care am vorbit mai sus. Ei înţeleg să folosească conceptele mecanice, materialul matematic şi analogiile furnizate de mecanică pentru a organiza fenomenele studiate mai întîi după o metodă specifică fizicii. Este vorba de cu totul altceva decît de o nouă mecanică raţională care ar pretinde să înglobeze şi să depăşească mecanica veche prin introducerea în principiile ei de bază a unei structuri schematice a materiei. Chiar dacă am presupune că această nouă mecanică ar fi fost posibilă, ea ar fi riscat totuşi ca din cauza depăşirii concepţiei asupra materiei pe care se baza, să devină rapid o piesă de muzeu şi deci să fie în fond, chiar pentru fizician, mai puţin utilizabilă decît mecanica veche. Limitele de aplicare ale mecanicii clasice de la sfîrşitul

secolului al XIX-lea, recunoscute, aşa cum am arătat mai sus, în domeniul fizic, nu supără pe nimeni. Ele apar ca normale datorită metodei proprii mecanicii clasice, iar neajunsurile lor nu sînt îndeajuns de mari pentru a face să se uite avantajul unei raţionalităţi şi al unei formalizări reprezentînd chezăşia construirii unui instrument general, potrivit pentru un număr şi mai mare de aplicaţii şi susceptibil de a conţine posibilitatea unor interpretări diferite.

Rămînea de văzut dacă principiile pe care se baza raţionalitatea şi formalizarea mecanicii clasice erau ele înseşi intangibile. Este vorba aici de o altă problemă care a învrăjbit profund pe gînditorii celei de a doua jumătăţi a secolului trecut şi care a pregătit de fapt căile spre noi perspective.

F. DISCUŢIA PRINCIPIILOR MECANICII CLASICE

APARIŢIA UNUI EFORT CRITIC. Elementele acestei discuţii sînt anunţate, în jurul anului 1850, prin mai multe opere. Barré de Saint-Venant, atomist convins, încearcă în *Principes de mécanique fondés sur la cinématique* (1851) să purifice baza raţională a mecanicii de orice noţiune intuitivă neclară. El refuză în consecinţă să considere noţiunile de masă şi de forţă drept altceva decît nişte noţiuni derivate şi le dă definiţia următoare:

„Masa unui corp este raportul a două numere care arată de cîte ori acest corp, precum şi un alt corp, ales arbitrar şi rămînînd mereu acelaşi, conţin părţi care fiind separate şi lovite două cîte două, una de cealaltă, îşi comunică prin ciocnire viteze opuse şi egale. Forţa sau atracţia pozitivă sau negativă a unui corp asupra altuia este o linie avînd drept mărime produsul masei acestuia cu acceleraţia medie a punctelor sale către punctele celuilalt corp, iar drept direcţie, direcţia acestei acceleraţii".

În schimb, cam în aceeaşi vreme, Reech revine, prin *Cours de méchanique...* (1852), la o idee abandonată încă de pe timpul lui Euler, prin care se făcea din forţă o noţiune primară. După părerea lui Reech, o definiţie poate fi dată prin ceea ce putem aprecia, cu un grad mare de precizie, la un fir întins, presupus ca lipsit de calitatea lui materială sau de masă. Reech îşi imagina un punct material legat de un fir. Orice alungire a firului face să se nască o forţă, care poate fi măsurată direct prin alungire, şi care modifică mişcarea punctului. Folosind consideraţii în care se amestecau abstracţia matematică şi recurgerea la rezultatele experimentale, el îşi închipuia că a regăsit pe această cale legea fundamentală a mecanicii clasice, fără să fi fost obligat să invoce principiul inerţiei. Mişcarea rectilinie şi uniformă servea, în cazul punctului material liber, să definească pe calea unei pure convenţii ceea ce am putea numi forţa totală.

Către sfîrşitul secolului, Andrade arată în *Leçons de mécanique physique* (1898) că succesul calculelor lui Reech se datoreşte independenţei unei diferenţe de acceleraţii (care este pusă în legătură cu „forţa" firului) faţă de reperul

mişcării, şi caută să perfecţioneze o metodă al cărei substrat mai mult sau mai puţin conştient este eliminarea reperelor privilegiate ale mecanicii. Din nefericire, această eliminare este imposibilă. Metoda, care a fost numită „a şcolii firului", presupune existenţa unui reper în care toate punctele materiale exercită unele asupra altora acţiuni reciproce, egale două cîte două.

ERNST MACH. Ernst Mach (1838—1916), unul dintre criticii cei mai lucizi de la sfîrşitul acestui secol, socotea în *Mechanik* (1883) că a dovedit inutilitatea enunţului particular al principiului egalităţii acţiunii şi reacţiunii prin aceea că a adoptat o definiţie a masei care evita atît dificultăţile moştenirii clasice (cantitatea de materie), cît şi cele ale atomiştilor. Pentru Mach, două corpuri de aceeaşi masă sînt două corpuri care, acţionînd unul asupra altuia, îşi comunică acceleraţii egale şi direct opuse. Atunci cînd, în aceleaşi condiţii de acţiune, acceleraţiile sînt inegale, raportul lor este, prin definiţie, egal cu raportul maselor. În felul acesta, prezentarea axiomatică a legii fundamentale a mecanicii clasice este mai satisfăcătoare din punctul de vedere al coordonării dintre forţă, masă şi acceleraţie. Autorul mai are şi meritul de a fi subliniat, în legătură cu aceasta, că deşi cunoaşterea noastră nu se sprijină decît pe mişcări „relative", totuşi sîntem departe de a putea afirma că alegerea unui sistem de referinţă standard ar fi indiferentă. Aceeaşi rotaţie relativă poate fi explicată atît prin mişcarea Pămîntului în raport cu ceilalţi aştri, cît şi printr-o mişcare de ansamblu a acestor aştri în jurul unui Pămînt imobil. Totuşi, în această din urmă interpretare, turtirea Pămîntului la poli şi micşorarea acceleraţiei gravitaţiei la ecuator ar rămîne nişte fapte inexplicabile. În fine, Mach mai atrage atenţia asupra faptului că chiar în cazul cînd nu ne-am ocupa decît de acţiunea reciprocă a două mase, ne-ar fi imposibil să facem abstracţie de restul universului. În principiu, ar trebui să considerăm că toate masele sînt, în fiecare moment, în interacţiune. Cum, pe de altă parte, nu avem posibilitatea să traducem în practică această consideraţie, folosirea legii fundamentale a mecanicii clasice presupune anumite aproximări, astfel că nimic nu ne îndreptăţeşte să afirmăm că în lanţul de consecinţe nu se vor prezenta dificultăţi care să facă necesară revizuirea principiilor.

„MECANICA" LUI HERTZ. Fără să tăgăduiască valoarea practică a sistemului clasic, H. Hertz caută să edifice în *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhang dargestellt* (Leipzig, 1894) o mecanică mai satisfăcătoare din punctul de vedere al perfecţiunii logice şi formale. După el, conceptele de forţă şi de energie sînt rezultatul unei operaţii a spiritului care, pentru a obţine o imagine a lumii, închisă în ea însăşi şi supusă legilor, este nevoit să-şi închipuie că în spatele lucrurilor pe care le vedem există alte lucruri invizibile şi să caute, dincolo de barierele simţurilor noastre, factori ascunşi. Am putea admite însă că există într-adevăr ceva ascuns care acţionează, şi să negăm că acest ceva ar fi altceva decît masă şi mişcare, care nu diferă de masele şi mişcările vizibile, ci avînd doar alte relaţii cu noi şi cu modul nostru obişnuit de percepţie. Introducerea acestor elemente ipotetice, care sînt masele şi mişcările ascunse, face ca elaborarea mecanicii să fie extrem de comodă. Hertz

stabileşte *a priori* că legea fundamentală a unui sistem izolat, adică a unui sistem în afara căruia nu există nici o masă observabilă sau ascunsă, este următoarea:

Sistemul parcurge cu o viteză constantă o traiectorie de curbură minimă, adică o traiectorie a cărei curbură într-un punct este mai mică decît aceea a oricărei traiectorii tangente.

Prin curbură trebuie înţeleasă suma-extinsă la toate elementele sistemului — a cantităţilor de forma $m[x''^2 + y''^2 + z''^2]$ astfel că, în limbajul calculului variaţiilor, legea lui Hertz se scrie $\delta \{ Sm(x''^2 + y''^2 + z''^2) \} = 0$, variaţia δ fiind luată lăsînd pe x, y, z şi x', y', z' fixe.

Astfel stînd lucrurile, un sistem material observabil este întotdeauna o parte dintr-un sistem izolat pentru care restul este în întregime sau în parte ascuns. Cu ajutorul legăturilor în sensul lui Lagrange dintre sistemul observabil şi restul sistemului izolat din care face parte, legile mişcării sistemului observabil pot fi scrise cu uşurinţă. Orice anomalie constatată între rezultatul teoretic şi cel experimental poate să-şi găsească explicaţia în existenţa maselor sau a mişcărilor ascunse suplimentare.

Caracterul arbitrar al acestor mase ascunse, animate de mişcări neobservabile, le face să fie apte pentru orice utilizare dictată de nevoile problemei. Dar tocmai acest lucru, care conferă o extremă suplete şi o extremă comoditate acestei teorii, apare ca un artificiu prea captivant pentru a putea atrage adeziunea fără rezerve a oamenilor de ştiinţă.

TEZELE LUI HENRI POINCARÉ. Noţiunea de comoditate este reliefată într-o cu totul altă perspectivă de către Henri Poincaré (vezi, în special, *La science et l'hypothèse*, 1906). Supunînd unei critici ascuţite principiile mecanicii clasice, marele matematician francez arată că ele au un caracter convenţional. Faptul că forţa este egală cu produsul masei cu acceleraţia rezultă din definiţia forţei, şi numai definind acţiunea ca egală cu reacţiunea se poate caracteriza echilibrul prin echivalenţa cu zero a unui sistem de forţe. Legea compunerii geometrice a forţelor este şi ea, din punct de vedere strict logic, o convenţie. Aceste definiţii şi convenţii nu sînt totuşi arbitrare, fiindcă reprezintă rodul abstracţiilor făcute pe baza unor experienţe grosolane care sînt suficiente ca să le justifice drept baze de plecare. Mecanica nu este deci nici pură construcţie logică *a priori*, nici rezultatul unor date experimentale. Ea ţine în acelaşi timp de amîndouă aspectele.

Această constatare îl conduce pe Henri Poincaré să pună o întrebare foarte importantă. După ce enunţă într-un mod clar principiul mişcării relative, adică menţinerea legilor mecanicii clasice atunci cînd se trece de la un sistem de referinţă la un alt sistem de referinţă, animat, în raport cu primul, de o mişcare rectilinie şi uniformă, el se întreabă de ce acest principiu, care comportă aceleaşi discuţii ca şi precedentele, nu se aplică decît în cazul mişcării relative rectilinii şi uniforme. Această restricţie ridică prin ea însăşi o problemă, şi aici intervine, după H. Poincaré, noţiunea de comoditate.

În teoria clasică, atunci cînd se schimbă sistemul de referinţă, acceleraţia se compune cu o acceleraţie de antrenare şi cu o acceleraţie complementară, numită a lui Coriolis, care ţine atît de mişcarea mobilului însuşi, cît şi de mişcarea relativă a celor două repere unul în raport cu celălalt. Legea mecanicii rămîne aceeaşi, dacă pe lîngă forţele considerate pînă atunci ca reale, se introduc două tipuri de forţe fictive, corespunzînd celor două acceleraţii precedente, pe care le numim forţe centrifuge ordinare, sau de antrenare, şi forţe centrifuge compuse. În cazul mecanicii terestre, de exemplu, turtirea Pămîntului la poli, rotaţia planului de oscilaţie al pendulului lui Foucault, variaţia după latitudine a lungimii pendulului care bate secunda, devierea proiectilelor spre est, fenomenul mareelor, sînt uşor explicate prin rotaţia Pămîntului şi prin cele două forţe centrifuge care rezultă din această rotaţie. A spune însă că Pămîntul se învîrteşte, nu poate avea vreun sens decît dacă se ştie în raport cu ce se învîrteşte. Dacă nori denşi ar ascunde permanent oamenilor cerul, astfel ca să-i împiedice să observe aştrii, atunci, pînă cînd oamenii ar afla de existenţa acestora, nimănui nu i-ar trece prin cap că solul care ne suportă poate fi altfel decît nemişcat şi ferm. În faţa fenomenelor despre care am vorbit, mecanicienii tereştri ar fi conduşi să considere forţele care explică aceste fenomene nu ca pe nişte forţe centrifuge fictive, ci ca pe nişte forţe reale.

Unele din ele (pe care teoria clasică le numeşte forţe centrifuge de antrenare şi care nu depind decît de poziţiile relative ale elementelor materiale) ar putea să rezulte dintr-o acţiune reciprocă a corpurilor, analoagă atracţiei universale, şi să constituie termenii de corecţie ai acestei atracţii. Ele ar putea fi, de asemenea, efectul unui mediu foarte subtil, asemănător acelui eter, aşa de des citat.

Celelalte forţe (pe care teoria clasică le numeşte forţe centrifuge compuse şi care depind de vitezele relative) şi-ar putea găsi un oarecare mod de explicaţie prin analogie cu frecările. Angajaţi pe această cale, mecanicienii tereştri ar trece însă din complicaţie în complicaţie „pînă cînd un nou Copernic le-ar înlătura pe toate dintr-o singură lovitură spunînd: este mai simplu să admitem că Pămîntul se învîrteşte". Aceasta nu ar conferi desigur spaţiului absolut, adică reperului la care ar trebui raportat Pămîntul pentru a şti dacă se învîrteşte, nici o existenţă obiectivă. Singurul lucru care s-ar putea spune ar fi că, „dintre toate ipotezele, sau, mai degrabă, dintre toate convenţiile" care ne dau posibilitatea să explicăm toate fenomenele terestre şi să înglobăm într-o aceeaşi teorie experienţele grosolane şi experienţele fine, există una care este mai comodă decît celelalte: aceea care asigură mişcării relative rectilinii şi uniforme privilegiul invarianţei legilor mecanicii şi care exclude în acelaşi timp Pămîntul din categoria reperelor privilegiate, caracterizînd această excludere printr-o rotaţie.

Examenul critic al lui Henri Poincaré nu se mărgineşte numai la principiile newtoniene.

„Dificultăţile provocate de mecanica clasică, spune el, i-au condus pe anumiţi savanţi să-i prefere un sistem nou, pe care ei îl numesc energetic... Helmholtz a fost acela care i-a dat forma definitivă".

La baza acestui sistem stă definiţia funcţiilor care compun energia şi care satisfac atît principiul conservării energiei totale, cît şi una din formele principiului minimei acţiuni. Această definiţie nu impune nici o ipoteză specială antecedentă asupra structurii interne a materiei. În teorie, masele nu sînt decît nişte coeficienţi care intră, împreună cu parametrii de poziţie şi cu derivatele lor (reprezentînd vitezele relative), în expresia energiei. O dată ce masele au fost definite, se poate vorbi din comoditate, şi de forţă, prin referire la formulele clasice, însă această noţiune este complet golită de conţinutul ei pozitiv. Avem de-a face deci cu un cîştig considerabil din punct de vedere logic. Din nefericire, în afară de cazurile foarte simple pe care teoria clasică este capabilă să le explice cu uşurinţă, selectarea termenilor care trebuie să facă parte din energie, pentru a constitui trei părţi perfect distincte ale acesteia, este imposibilă. „Nu ne mai rămîne atunci decît un singur enunţ pentru principiul conservării energiei: este ceva ce rămîne constant". Evident că un asemenea enunţ este insuficient şi nu prezintă prea mult interes.

După toate cele arătate, nu ne mai rămîn prea multe iluzii asupra valorii obiective a principiilor mecanicii şi este uşor de înţeles de ce tezele lui Henri Poincaré au făcut senzaţie. După cum o dovedeşte lucrarea sa *La valeur de la science*, Poincaré nu era înclinat în nici un caz spre un scepticism negativ. În poziţia lui erau totuşi aspecte capabile să tulbure multe spirite. Dar curajul cu care a ştiut să împingă, atît de departe cît i-a fost cu putinţă, critica ideilor acceptate, şi claritatea expunerilor sale au lăsat urme adînci asupra tinerei generaţii ştiinţifice de la sfîrşitul secolului. Şi tocmai aceasta reprezintă valoarea de neînlocuit a operei sale.

PIERRE DUHEM. Din fericire, această operă nu este singura realizată în această epocă crucială. Meritul lui Pierre Duhem (1861—1916) a fost acela că a abordat aceeaşi problemă pe altă cale. Intens angajat în cercetările fizice, Pierre Duhem se interesa mai mult de datele concrete ale situaţiei ştiinţei, decît de problema prealabilă a fundamentelor ei logice. Drept date concrete puteau fi considerate diferitele teorii mecanice elaborate pentru necesităţile fizicii şi care dădeau în general posibilitatea să se trateze patru mari categorii de fenomene: sistemele capabile de modificări reversibile, sistemele cu frecare, sistemele cu histerezis şi sistemele parcurse de curenţi. Elaborarea teoriilor a necesitat ipoteze proprii fiecărei categorii şi adoptarea unor formule al căror tip varia de la o categorie la alta. Chiar dacă lipsa de concordanţă a modelelor mecanice n-ar fi surprins pe nimeni şi dacă existenţa variabilelor fără inerţie (care pot varia fără deplasarea maselor), în special a temperaturii, „dovedeau că principiul lui d'Alembert nu putea conveni pentru fundamentarea dinamicii generale fără să fie modificat", era fapt cert că această dinamică generală, pe care Duhem o vedea fundată pe termodinamică, urma să fie creată de-abia de atunci înainte. Dificultatea consta din existenţa unei pluralităţi de mecanici, generate din dezvoltarea fizicii, şi din greutatea de a se întrezări, cu toate încercările făcute pentru reducerea din ce în ce mai mare a numărului noţiunilor primare, modul în care aceste mecanici ar fi putut fi sintetizate într-o ştiinţă unitară.

În faţa acestei imagini oarecum deprimante a unei situaţii care reliefa pluralitatea punctelor de vedere diferite, echivalente din punct de vedere logic şi între care alegerea nu se făcea decît pe considerente de comoditate, era necesar ca oamenilor de ştiinţă să li se reamintească exigenţa fundamentală a oricărei ştiinţe demne de acest nume.

G. PRESENTIMENTUL UNEI MECANICI NOI

Experienţa lui Michelson din 1881, reluată în colaborare cu Morley în 1887, precum şi interpretarea pe care i-a dat-o Lorentz în 1895, situează originea teoriilor relativiste tocmai în această epocă, a cărei confuzie am arătat-o mai sus. Totuşi, istoria acestor teorii aparţine secolului nostru şi pretinde o tratare separată. Adevărata încheiere a secolului al XIX-lea în domeniul mecanicii constă din neliniştе şi din incertitudinile izvorîte din însăşi folosirea principiilor clasice, precum şi din presentimentul unei înnoiri radicale.

„Oricum am privi lucrurile, scrie Henri Poincaré în *Science et méthode*, pentru a rezuma ansamblul reflecţiilor sale, ne este imposibil să ne degajăm de impresia că principiul relativităţii este o lege generală a naturii, care ne spune că, niciodată şi prin nici un mijloc imaginabil, nu vom putea pune în evidenţă decît viteze relative... Prea multe experienţe diferite au dat rezultate concordante, pentru ca să nu ne simţim ispitiţi să atribuim principiului relativităţii o valoare comparabilă cu aceea a principiului echivalenţei, de pildă. În orice caz, este necesar să vedem la ce consecinţe ne va conduce acest mod de a vedea şi să supunem aceste consecinţe controlului experienţei".

„Noua mecanică, scrie Pierre Duhem, raţionează asupra calităţilor, iar pentru a raţiona cu precizie ea le reprezintă prin simboluri numerice. Fiică a lui Aristotel, ea este şi fiica lui Descartes, prin ceea ce este o matematică universală.

Tot ce ne este permis să afirmăm, este că nici un motiv logic nu ne permite să privim mecanicile schiţate pînă acum drept singurele posibile. Studiul diferitelor radiaţii, în special, care oferă experimentatorilor de cîţiva ani atîtea prilejuri de descoperiri, le-a relevat efecte aşa de stranii şi atît de greu de supus legilor termodinamicii noastre, încît nu va trebui să fim surprinşi dacă vom vedea izvorînd din acest studiu o nouă ramură a mecanicii".

Şi totuşi, nici Poincaré şi nici Duhem nu au făcut pasul hotărîtor. Critica profundă a măsurării lungimilor şi a duratelor, care determină adevăratul caracter fizic al legăturii pe care principiul relativităţii îl stabileşte între spaţiu şi timp, tratarea matematică a calităţilor pe care punctul de vedere relativist le substituie sau le restituie în mod necesar în locul cantităţilor ştiinţei clasice, importanţa hotărîtoare acordată noţiunii de energie de către teoriile ondulatorii, sînt cuceriri ştiinţifice care nu au avut loc decît după lucrările lui Albert Einstein. Foarte tînăr încă, el a fost în stare să realizeze ceea ce marii reprezentanţi ai ştiinţei clasice, împiedicaţi poate de o cunoaştere prea

aprofundată a complexității problemei, nu au îndrăznit sau nu au putut să întreprindă. Cutezanța, care face posibile marile descoperiri, este adesea rodul tinereții și al cunoștințelor ei încă fragmentare și limitate.

Indiferent care au fost însă motivele care l-au frustrat pe Henri Poincaré de gloria de a crea relativitatea, istoria mecanicii secolului al XIX-lea se termină totuși cu un fapt pozitiv. Chiar în momentul în care gîndirea ajungea la maturitate în domeniul clasic și în care desăvîrșirea formei didactice dădea posibilitatea unei largi răspîndiri a științelor prin învățămînt, disputa mecanicienilor în legătură cu critica bazelor pregătea terenul unor dezvoltări neprevăzute. Moștenitoare a lucrărilor din secolele XVII și XVIII, mecanica clasică a primit, odată cu ele, în decursul secolului al XIX-lea, structura sa definitivă și condițiile care îi impunau propria ei depășire. Nu este însă fără folos să facem constatarea — cu ajutorul acestui exemplu frapant — că știința, fiică a omului, nu se sustrage marilor legi ale vieții.

CAPITOLUL II

Explorarea universului stelar

În epoca în care se părea — cu totul pe nedrept, de altfel — că sistemul solar își dezvăluise ultimele lui secrete și că temele de cercetare propuse de milenii fuseseră practic epuizate, creșterea puterii instrumentelor optice a fost considerată la început drept singurul mijloc de extindere a investigațiilor la un nou domeniu, acela al stelelor. Curînd după aceea, progresul fizicii instrumentale aduce informații de un gen nou și conduce la nașterea astronomiei fizice. Astfel a devenit posibil studiul sistematic al lumii stelare, această nouă cale de cercetare care constituie elementul original al lucrărilor de astronomie din secolul al XIX-lea.

Va trebui să se aștepte venirea secolului al XX-lea pentru ca fizica teoretică să fie în măsură să explice fenomenele astrofizice și ca să facă sinteza datelor culese. De aceea, rezultatele cele mai spectaculoase vor fi obținute tot în domeniul astronomiei de poziție (distanța stelelor, mișcarea Soarelui) și în acela al mecanicii cerești (planete noi, sateliți invizibili).

Luînd-o, de nevoie, înaintea colegilor lor din alte discipline, astronomii încep să se organizeze. Primul dintre periodicele științifice specializate pare să fi fost „Monatliche Correspondenz" publicat de Zach începînd din anul 1880. Se constituie diferite ascociații: Astronomical Society în 1820, Astronomische Gesellschaft în 1863 (care prezintă deja un caracter internațional), Societa degli Spettroscopisti Italiani în 1871, și apoi multe altele. Acțiuni internaționale mai fuseseră întreprinse și înainte, dar acum ele capătă o importanță nouă și își asumă misiuni permanente.

Observatoarele se înmulțesc, din nefericire mai mult în emisfera nordică. Ne-ar veni greu să le citățm măcar pe cele principale. Iată trei din cele mai vestite, împreună cu primii lor directori: Observatorul lui Harvard College din Cambridge (S.U.A.) înființat în 1839 și avînd ca director pe W.C.Bond; Observatorul din Pulkovo, înființat în 1839 avînd ca director pe V.I. Struve și observatorul din Capetown reamenajat în 1831, cu T. Henderson ca director.

Paginile care urmează nu redau decît cu totul incomplet ansamblul cercetărilor care au fost făcute. Ne-am oprit numai la lucrările care marchează etape în mersul progresului, lucrări care, de altminteri, n-au reținut întotdeauna atenția publicului.

A. MARILE INSTRUMENTE

Este destul de uşor să se construiască lentile mici, dînd imagini excelente deşi calităţile lor optice pot fi mediocre, cu condiţia de a le asocia cu oculare de putere redusă. Mărirea *deschiderii* lunetelor pune două feluri de probleme: obţinerea de discuri destul de mari de sticlă omogenă şi reducerea la valori admisibile a aberaţiilor geometrice (din care una dintre cele principale creşte cu cubul deschiderii). În aşteptarea progreselor încete care urmau să fie realizate, astronomii s-au mulţumit multă vreme să folosească, pentru explorarea cantitativă a unui domeniu şi aşa inepuizabil, lunete cu deschidere mică.

PRIMELE TELESCOAPE. Principiul telescopului (sau reflectorului) a fost stabilit încă din timpul lui Galilei. Concepţia celor trei dispozitive, devenite clasice, datează din mijlocul secolului al XVII-lea. În 1663, Gregory a sugerat folosirea ca obiectiv a unei oglinzi parabolice cu un orificiu la centru, a unei oglinzi concave cu suprafaţă elipsoidală (care reflectă fasciculul de lumină) şi a unui ocular amplasat în spatele obiectivului. La modelul propus de Cassegrain în 1672, oglinda secundară este convexă. Un dispozitiv mai uşor de realizat a fost conceput de Newton pentru modelul pe care l-a construit în 1668: fasciculul este reflectat lateral cu ajutorul unei oglinzi plane înclinate, aşezată la o mică distanţă faţă de focarul obiectivului.

În 1672, Newton prezenta în public un telescop de bună calitate, primul „reflector" realmente utilizabil; obiectivul avea o deschidere de 25 mm şi o distanţă focală de 16 cm. Îl construise în întregime cu mîinile lui. După numeroase experienţe, el a adoptat drept material pentru oglindă un aliaj de cupru şi de cositor, în care se adăugase arsen, adică un aliaj foarte apropiat de bronzul fosforos, care va fi folosit sistematic mai tîrziu. Aceasta l-a condus la crearea tehnicii şlefuirii prin folosirea, în special, a răşinii.

În 1674, Hooke a construit un telescop după concepţiile lui Gregory. Şlefuirea lentilelor este însă o operaţie delicată, iar primul care a reuşit s-o facă cum trebuie a fost, după Newton, Hadley, începînd din 1720. Hadley a mai făcut şi încercări de parabolizare a obiectivelor. Obiectivele iniţiale aveau însă o suprafaţă sferică, iar aberaţia de sfericitate rămîne în limite acceptabile doar atît timp cît deschiderea obiectivului este redusă.

De atunci încolo, au fost construite numeroase telescoape, în special în Anglia. Cele mai mari, care atingeau un diametru de 40 cm, n-aveau caracteristici tehnice superioare faţă de aparatele refractoare în uz, iar preţul lor era ridicat (de ordinul a 1000 livre). Pe de altă parte, faţă de bronzul fosforos, cunoscut pe atunci, opticienii preferau un bronz mai bogat în cupru care însă se păta rapid şi de aceea cerea o întreţinere regulată. Trebuia făcută astfel o nouă şlefuire, care necesita timp şi era costisitoare, pe cînd o simplă curăţire (cu alcool şi cu praf de cretă) ar fi fost suficientă. Astronomii profesionişti, ale căror mijloace financiare au fost întotdeauna limitate, aveau deci toate motivele să rămînă credincioşi instrumentelor refractoare.

WILLIAM HERSCHEL. Cînd William Herschel (1738—1822), dornic să-şi procure un telescop, şi-a dat seama că veniturile lui nu-i vor permite niciodată să-l cumpere, şi-a propus să-şi construiască singur unul. Modelul newtonian, montat în 1774, prevăzut cu oglinzi pe care le şlefuise el însuşi, era de pe atunci de calitate foarte bună. În 1778, era în posesia unui instrument de 7 picioare (aproape 2 m), cu o deschidere de 15 cm, care depăşea nu numai reflectoarele existente, ci — pentru prima dată — chiar instrumentele refractoare. Herschel a trecut atunci, pe de o parte, la examinarea sistematică a cerului, iar pe de altă parte la construirea de instrumente din ce în ce mai puternice. Cunoscut în scurtă vreme ca optician, el şi-a finanţat cercetările din veniturile scoase de pe urma vînzării aparatelor.

În afară de telescopul de 7 picioare, cu ajutorul căruia a descoperit planeta Uranus în 1781, cele mai vestite dintre instrumentele sale au fost telescopul de 20 picioare (aproape 6 m), cu o deschidere de 48 cm, care va rămîne aproape permanent în funcţiune începînd din 1783, precum şi „marele" telescop de 40 de picioare (aproape 12 m), cu o deschidere de 122 cm. Acesta din urmă nu avea încă calităţile telescoapelor precedente, iar efectele termice îl făceau adesea inutilizabil. Însă telescopul de 20 de picioare, folosit fără oglindă secundară (o uşoară înclinare a axei oglinzii faţă de axa tubului permitea reflexia directă a fasciculului pe un ocular fixat la capătul anterior al tubului), dădea imagini de o mare fineţe şi făcea posibilă explorarea cerului pînă la stelele de mărimea a 14-a.

Faptul că activitatea lui W. Herschel a fost încununată de succes se explică prin aceea că avea grija — cu toate miile de ore pe care le consacra şlefuirii oglinzilor — să procedeze la un studiu aprofundat al fiecăreia din noile probleme care i se puneau. El joacă rolul de precursor din numeroase puncte de vedere. A studiat inelele de difracţie şi cu toate că teoria lor n-a fost elaborată decît mai tîrziu (de către Airy în 1834 şi Schwerd în 1835), el a extras din acest studiu învăţătura esenţială: diametrul discului central variază invers proporţional cu diametrul obiectivului şi, pe de altă parte, limitează inferior depărtarea a două imagini separabile. Lăsînd la o parte problema luminozităţii, ameliorarea percepţiei detaliilor imaginilor (observaţii de suprafeţe planetare, descompunerea de nebuloase în roiuri de stele etc.) este legată deci de creşterea diametrului obiectivului (dacă se iau în consideraţie separat problemele de luminozitate). Prin măsurarea factorilor de reflexie ai oglinzilor şi a factorilor de transmisie ai lentilelor, Herschel introduce studiul raţional al dispozitivului cel mai potrivit pentru asigurarea unui bun randament optic al unui aparat.

TELESCOAPELE MODERNE. Elementul cel mai important al unui telescop mare este, în primul rînd, dispozitivul care asigură nedeformabilitatea oglinzii. Este inutil să se realizeze cu rigurozitate o suprafaţă optică, dacă ea nu urmează să se conserve în timpul observaţiilor. Sînt dăunătoare chiar deformaţiile de un sfert de lungime de undă, sau de o fracţiune dintr-o miime de milimetru. Odată cu telescoapele construite de lordul Ross (William Parsons) este introdus un sistem mecanic care suportă oglinda ca un fel de cuzinet,

repartizînd în mod convenabil tensiunile, oricare ar fi direcţia de vizare. Dar nu se ştia încă să se reducă convenabil efectele termice: marele instrument de 182 cm deschidere şi de 17 m lungime, intrat în funcţiune în 1845, şi care va rămîne încă cel mai mare telescop existent pînă cînd va fi demontat în 1908, n-a dat din această cauză rezultatele aşteptate. Lui i se datoreşte totuşi descoperirea nebuloaselor spirale, din care 14 erau deja inventariate în 1850.

Rigiditatea sticlei şi coeficientul ei redus de dilataţie sînt factorii principali ai progresului, care a avut drept consecinţă înlocuirea bronzului din care erau turnate oglinzile cu sticla argintată. Puterea reflectoare este mărită, iar reşlefuirea este de acum înainte înlocuită printr-o operaţie care nu alterează forma suprafeţei: reargintarea. Tehnica argintării chimice datează din 1851; ea va fi aplicată în astronomie începînd din 1856, de Foucault, la Paris, şi de Steinheil, la München.

Telescopul ia încetul cu încetul aspectul pe care îl are astăzi. Tamburul de compensare a flexiunii este datorat lui W. Lassell care a mai introdus, de asemenea, în 1840, montura ecuatorială precum şi antrenarea automată care permite urmărirea mişcării diurne. Acest din urmă dispozitiv a început să echipeze instrumentele refractoare din 1824, cînd Fraunhofer îl pusese la punct pentru luneta ecuatorială din Derptum (azi Tartu). J.D. Cassini îl folosise de altfel cu mult înainte, dar numai pentru a ghida obiectivul unei lunete fără tub.

LUNETELE. De la crearea primelor obiective acromatice, progresul instrumentelor refractoare fusese sistat din cauza imposibilităţii de a se găsi lentile din sticlă flint de bună calitate, cu un diametru mai mare de 10 cm. Procedeul care dă posibilitatea să se asigure omogenitatea unei paste de sticlă în curs de răcire se datorează unui meşteşugar elveţian cu numele de Pierre-Louis-Guinand, iar ucenicului său, Fraunhofer, i se datoreşte luneta ecuatorială de 24 cm care a fost instalată în 1824 la Derptum în Estonia, la cererea lui V.I. Struve. Instrumentul este vestit prin valoarea obiectivului său deosebit de bine corectat, prin observaţiile pe care le-a făcut posibile, precum şi prin aceea că este o mărturie a renaşterii opticii astronomice.

De acum înainte, încep să fie construite instrumente refractoare de dimensiuni din ce în ce mai mari. Obiectivele primelor instrumente refractoare provin în general din discuri turnate de Guinand. Fiul acestuia a înfiinţat la Paris o fabrică de sticlă care există şi astăzi (Parra-Mantois) şi unde au fost turnate discurile obiectivelor uriaşe pe care le-a şlefuit opticianul american Alvan Clark, în special cel al lunetelor ecuatoriale de la Observatorul din Pulkovo (76 cm, în 1885), de la Lick (91 cm, în 1888) şi de la Observatorul din Yerkes (102 cm, în 1897).

Instrumentele refractoare sînt continuu depăşite de cele reflectoare în ceea ce priveşte posibilităţile de extindere a zonei accesibile din sfera cerească. Ele sînt special adaptate la astrometria vizuală sau fotografică datorită faptului că posedă un sistem de referinţă instrumental bine definit (pe fascicul

fiind interpusă o singură piesă optică, care lucrează prin refracție), precum și faptului că este suficient să li se atribuie dimensiuni moderate. Lunetele foarte mari au fost construite mai mult datorită unui impuls inițial decît din necesitate.

B. NOILE TEHNICI

Odată cu progresul fizicii experimentale, astronomia își extinde în mod considerabil cîmpul investigațiilor. De acum înainte, ea poate analiza și intensitatea radiațiilor emise de aștri, în loc să se mulțumească, ca în trecut, să urmărească doar poziția acestora din urmă. Înlocuirea observațiilor directe prin înregistrări fotografice a avut și ea o influență asupra metodelor de lucru, imprimînd, încetul cu încetul, acea disciplină științifică care caracterizează în general cercetarea modernă.

ANALIZA SPECTRALĂ. În 1802 recepționînd, printr-o fantă, pe un ecran, spectrul unui fascicul de lumină solară, W.H. Wollaston a observat șapte linii întunecate, avînd poziții relative bine precizate. O lunetă așezată în spatele unei prisme i-a dat posibilitatea lui Fraunhofer să realizeze, în 1814, o analiză mai amănunțită a fenomenului și să observe sute de astfel de linii. Ocupîndu-se de puterea de dispersie a diferitelor feluri de sticle optice, Fraunhofer a observat o dispunere precisă a acestor linii și, determinîndu-le pozițiile relative, el a întocmit astfel prima *hartă a spectrului solar*. Nomenclatura pe care el a fixat-o pentru cele mai intense opt linii se menține și astăzi. Tot el a observat coincidența dintre linia D (a patra în sensul dispersiei crescînde) și linia strălucitoare a spectrului unei lămpi cu sodiu.

Această coincidență nu era întîmplătoare. În 1849, Foucault a arătat că linia D a spectrului solar se intensifica dacă lumina traversa un arc electric cu sodiu. Se dovedea în felul acesta proprietatea de absorbție a unui mediu de emisie, dar numai pentru o singură lungime de undă și pentru un mediu particular. Experiențele pe care Bunsen și Kirchhoff le-au făcut la Heidelberg urmau să ducă la descoperirea celui mai important aspect al fenomenului. Interpunînd flacăra unei lămpi cu sodiu în fasciculul incident, pe locul liniei D se observa o linie întunecată (de absorbție), sau strălucitoare (de emisie), după cum temperatura flacării era joasă sau ridicată. A fost descoperită astfel originea liniilor spectrale ale Soarelui: învelișul exterior, mai puțin cald decît suprafața de emisie, absoarbe radiațiile caracteristice ale elementelor care îl compun, printre care figurează, în special, sodiul.

Data nașterii *astrofizicii* poate fi fixată astfel la 27 octombrie 1859, ziua memorabilei comunicări făcute de Kirchhoff la Academia din Berlin. Evenimentul depășește însă cu mult cadrul astronomiei. El exprimă mai întîi prima manifestare cunoscută a influenței condițiilor exterioare (în cazul de față, temperatura) asupra structurii interne a elementului. Din acest punct de vedere, el inițiază era fizicii teoretice și, prin urmare, era științei moderne. El dă posi-

bilitatea să se recunoască în Soare şi, în curînd, în celelalte corpuri cereşti, prezenţa unei mulţimi de elemente cunoscute pe suprafaţa Pămîntului, dovedind astfel caracterul lor universal, după cum universale sînt şi legile după care se conduc aceste elemente. Deşi este de netăgăduit că intuiţia pe care a dovedit-o Newton descoperind legea gravitaţiei este incomparabil superioară aceleia care a fost necesară pentru enunţarea legii lui Kirchhoff, se poate afirma totuşi că importanţa acesteia din urmă este mai mare, atît din punct de vedere ştiinţific, cît şi din punct de vedere filozofic.

Interesul acordat de acum înainte analizei spectrale duce la dezvoltarea rapidă a *spectrometriei* (care se ocupă cu etalonarea spectrelor) şi a *spectroscopiei* astronomice.

Pentru a se obţine un spectru normal, adică un spectru etalat proporţional cu lungimile de undă, se înlocuieşte efectul de dispersie al unei prisme cu efectul de difracţie al unei *reţele*, adică al unei plăci transparente sau reflectante, prevăzută cu linii fine şi regulate. Procedeul se datorează lui Fraunhofer care a măsurat astfel, în 1821, lungimile de undă ale liniei duble D. În curînd, L.M. Rutherfurd a găsit procedeul de trasare a unor reţele foarte strînse, prezentînd 8000 de linii pe centimetru. H.A. Rowland a inventat reţeaua-obiectiv, gravînd reţeaua direct pe un mic obiectiv de telescop. Începînd din 1895, el a determinat lungimile de undă pentru 20 000 de linii ale spectrului solar.

Spectroscopia astronomică poate fi făcută cu ajutorul spectroscopului clasic cu fantă, în care se introduce un fascicul generat de o sursă luminoasă de referinţă (flacără, iar mai tîrziu, o scînteie). Prisma-obiectiv este mai luminoasă, însă dă spectre stelare filiforme, iar diametrul aparent al obiectivului este nul. Pentru a se lărgi spectrul, se folosea pe vremea aceea o lentilă cilindrică, aşa cum făcuse mai înainte Fraunhofer. Releveul amănunţit al unui spectru stelar vizual putea să ceară sute de ore de observaţie. Se poate aprecia astfel amploarea muncii pe care au întreprins-o spectroscopiştii şi care a fost continuată astfel pînă în 1880.

Înregistrarea fotografică a spectrelor (*spectografia*) urma să reducă în curînd durata unei observaţii astronomice la durata executării unei fotografii, făcînd cunoscut în plus spectrul ultravioletului.

Încă din 1875, Huggins obţinuse rezultate mulţumitoare cu un aparat al cărui sistem optic era din cuarţ, iar prisma din spat, substanţe care absorb în proporţie redusă radiaţiile care impresionează plăcile. Folosirea unei prisme-obiectiv permite fotografierea simultană a spectrelor tuturor stelelor dintr-un cîmp de observaţie. Acest obiectiv a făcut posibilă elaborarea catalogului general al spectrelor stelare pe care E.C. Pickering a întreprins-o începînd din 1885.

Spectroscopia vizuală se preta cu greu la studiul efectului Doppler-Fizeau (deplasarea liniilor spectrului datorită mişcării radiale relative a sursei). Huggins reuşise totuşi, în 1868, să pună în evidenţă, pentru Sirius, o deplasare de ordinul a 2/10 000 din lăţimea spectrului luminos care exprima o viteză

radială de aproape 50 km/s. El folosea un spectroscop cu fantă și cu putere mare de dispersie, care cuprindea nu mai puțin de 13 prisme. Rezultatele erau însă rare și mediocre. Progresul hotărîtor din acest domeniu a fost adus de spectografie.

FOTOMETRIA. Principiile definirii și studiului strălucirii unei surse de lumină au fost elaborate de Bouguer. Lucrările sale asupra „gradației luminii", publicate în 1729 și 1760, fac din el părintele fotometriei.

Pentru determinarea strălucirii, trebuie executate măsurători relative, făcîndu-se să varieze, după o lege cunoscută, fluxul luminos primit din partea unei surse-martor, naturale sau artificiale, astfel ca să egaleze (în valoare absolută sau în densitate) fluxul primit de la obiectul studiat. Primul dispozitiv de acest gen, utilizat în scopuri astronomice, pare să fie acela construit de J. Herschel la Capetown, în 1836. Acesta folosea ca sursă-martor o fracțiune din radiația Lunii trecută printr-o prismă cu reflexie totală. Fluxul putea fi variat după dorință, fiindcă era invers proporțional cu pătratul distanței la prismă. Strălucirile a 191 stele au fost corelate unele cu altele și astfel a fost elaborată prisma *scară fotometrică* stelară.

Fotometrul lui Steinheil, care datează cam din aceeași vreme, făcea posibilă compararea directă a imaginilor a două stele a căror lumină era îndreptată spre aparat de către două prisme independente; se căuta să se egaleze intensitățile imaginilor extrafocale furnizate de două obiective care puteau fi deplasate axial. Principiul acesta era de o valoare mediocră. Asta nu l-a împiedicat însă pe Steinheil să deducă din măsurătorile pe care le-a făcut legea fotometrică care poartă numele lui Fechner.

Un foarte vechi principiu al extincției, conform căruia imaginea se stinge prin interpunerea unei pene de sticlă absorbantă, calibrată anticipat, nu este nici el mai bun. A fost menționat aici numai din cauza utilizării intense pe care i-a dat-o Pritchard din 1881 pînă în 1885.

Fotometria astronomică urma să se dezvolte prin folosirea polarizării. Interpunerea a doi nicoli (din care cel de al doilea era orientabil) reduce fluxul luminos într-un raport variabil dat de legea lui Malus (1811). Primul nicol poate fi înlocuit și printr-un cristal birefringent ordinar, comparîndu-se direct două fluxuri luminoase incidente prin măsurarea unghiului făcut de cele două poziții ale nicolului orientabil pentru care intensitatea imaginilor devine egală.

Cel de al doilea dintre aceste dispozitive, precedat de un singur obiectiv, este folosit la compararea stelelor foarte apropiate: este primul fotometru al lui Arago (1850). E.C. Pickering compara, cu ajutorul a două obiective, două stele meridiane de înălțimi diferite. Determinările făcute, începînd din 1879, cu aceste *fotometre meridiane* constituie și astăzi încă partea esențială a cunoștințelor noastre privind mărimile stelare vizuale.

Primul din cele două dispozitive ale fotometrelor cu polarizori are un domeniu de folosire mai general: el permite să se lucreze numai cu lumina unei surse auxiliare, astfel că poate fi utilizat în cazul stelelor foarte slabe sau la studiul local al diferitelor regiuni ale unui spectru. După o dublă polari-

zare, se introduce imaginea unei stele artificiale, sub forma unei imagini punctiforme, în planul focal al obiectivului unei lunete obişnuite. Acesta este montajul realizat de Zöllner, în jurul anului 1860, şi care a devenit tipul de fotometru cel mai uzual.

Metoda fotografică constă în estimarea intensităţii fluxului luminos primit de la o stea după dimensiunea imaginii fotografice. Ea a fost propusă în 1858 de către W.C. Bond care studiase influenţa timpului de expunere asupra acestei dimensiuni. Folosirea ei a fost precedată de cercetări foarte îndelungate privitoare, între altele, la selectivitatea plăcilor şi a obiectivelor. Studiile pe care le-a făcut Pickering începînd din 1882 l-au condus să facă o distincţie între cele două noţiuni de magnitudine vizuală şi magnitudine fotografică, distincţie capitală, fiindcă a dus la determinarea temperaturilor stelare. Deabia la începutul secolului al XX-lea, folosirea plăcilor „ortocromatice" (avînd acelaşi domeniu de sensibilitate ca şi ochiul) a permis dezvoltarea fotometriei *fotovizuale*, echivalentă cu fotometria vizuală, dar mult mai expeditivă.

MĂSURAREA RADIAŢIEI CALORICE. Măsurarea intensităţii radiaţiei calorice a putut fi făcută cu oarecare precizie de-abia după ce Seebeck a descoperit, în 1821, efectul termoelectric (într-un circuit eterogen se stabileşte un curent electric atunci cînd sudurile care leagă conductorii sînt aduse la temperaturi diferite). Termopila lui Melloni cuprinde o serie de termoelemente (bismut şi antimoniu) ale căror suduri se prezintă alternativ pe cele două feţe ale dispozitivului; una din feţe, care este înnegrită, este expusă radiaţiei.

În 1843, studiul amănunţit al spectrului solar îl făcuse pe Melloni să afirme că radiaţia luminoasă şi radiaţia calorică sînt două aspecte ale aceluiaşi fenomen, în opoziţie cu ideile eronate care se răspîndiseră după descoperirea, în 1800, de către W. Herschel, a radiaţiei infraroşii.

Rezistivitatea metalelor variază cu temperatura: acesta este principiul bolometrului lui Langley (1880), sensibil la o diferenţă de temperatură de ordinul a o sută de miimi de grad. Acest aparat a depăşit pentru un timp termopilele şi i-a dat lui Langley posibilitatea să descopere şi să studieze liniile şi benzile de absorbţie ale radiaţiei infraroşii.

Recepţia radiaţiei stelare foarte slabe este o probă a sensibilităţii. Termoelementele permiseseră această recepţie încă din 1868, cînd Huggins putuse să descopere şi chiar să măsoare radiaţia cîtorva stele strălucitoare. Două alte efecte fizice, care s-au dovedit după aceea de o sensibilitate extremă, urmau să conducă şi ele în curînd la acelaşi rezultat: în 1895, efectul fotoelectric (înregistrări făcute de G.M. Minchin cu ajutorul unei celule cu seleniu) şi, în 1898, presiunea radiaţiei (radiometrul lui Nichols).

FOTOGRAFIA. Daghereotipia, care datează din 1837, n-a adus nici o contribuţie astronomiei, dar a dat posibilitatea să se obţină documente interesante: una din primele înregistrări este, poate, aceea a Lunii, făcută de J.W. Draper în 1840, iar o bună daghereotipie a Soarelui a fost executată de Foucault şi Fizeau în 1845. Era fotografiei începe, în 1850, odată cu folosirea plăcilor

acoperite cu o emulsie umedă de colodiu, un procedeu relativ sensibil şi care oferă copii reproductibile.

În 1853, la Londra, Warren de La Rue a obţinut fotografii excelente ale Lunii în focarul unui telescop pe care îl construise el însuşi şi pe care îl ghida manual. Fiindcă delicata problemă a ghidării nu se punea pentru Soare, expunerea fiind foarte scurtă, fotografia astronomică urma să se dezvolte cu folos mai întîi în acest domeniu. Pentru aceasta, de La Rue a pus să i se construiască, în 1857, un *fotoheliograf*, adică o lunetă prevăzută cu un obiectiv de 9 cm, corectat de aberaţii pentru observaţia radiaţiilor care sensibilizau plăcile, adică pentru violet. Instalat, în 1861, la Observatorul lui Royal Astronomical Society din Kew, acest aparat a dat posibilitatea obţinerii unei lungi serii de clişee care stau la originea supravegherii sistematice a Soarelui. Acesta a fost începutul primei acţiuni ştiinţifice cu caracter absolut permanent.

Naşterea fotografiei moderne este marcată de folosirea emulsiilor uscate din gelatinobromură de argint, puse la punct între 1871 şi 1879, mai sensibile şi mai puţin supuse deformaţiilor transversale decît stratele de colodiu umed. De acum înainte, toate aplicaţiile sînt posibile: fotografia stelelor şi a obiectelor cu luminozitate slabă sau difuză, fotografierea spectrelor, măsurarea precisă a distanţelor unghiulare prin determinări micrometrice pe clişee etc. În alte locuri ale acestui volum sînt menţionate progresele pe care fotografia le-a făcut posibile datorită acestui fapt.

Antrenarea mecanică a lunetei ecuatoriale cere să fie permanent controlată. Ceea ce caracterizează un instrument astronomic destinat fotografiei este dispozitivul de ghidare precum şi condiţiile speciale impuse opticii obiectivului. Este necesar ca, prin reduceri convenabile, să se menţină imaginea unei stele la întretăierea unor fire. La telescoape, imaginea poate fi aleasă direct în cîmpul obiectivului, alături de acesta fiind dispus un ocular solidar cu şasiul port-placă asupra căruia se exercită mişcările de rapel. Acesta este dispozitivul conceput de Common, care a obţinut în 1882, la telescopul lui de 90 cm, o remarcabilă fotografie a nebuloasei din Orion. La lunete, atunci cînd obiectivul este corectat special pentru lungimile de undă fotografice, trebuie prevăzută o lunetă separată, cu obiectiv vizual solidar cu luneta. Dispozitivul acesta convine în special astrografelor şi el a fost adoptat de fraţii Henry în 1885, pentru ecuatorialul fotografic de 33 cm folosit de ei. El a echipat după aceea cele 18 copii ale acestui aparat, puse în funcţiune în cadrul acţiunii, *Harta cerului*.

PROGRESELE TEHNICII CLASICE. Tehnica clasică a astronomiei a evoluat încet. Luneta de trecere la meridian, construită în forma concepută de Römer, şi cercul meridian sînt reunite într-un singur aparat. J. Pond, astronom regal, urmaşul său Airy şi, în special, Bessel, vor preciza condiţiile raţionale de folosire a instrumentului meridian: determinarea constantelor instrumentale, reperarea verticalei prin observarea nadirului, adică prin autocolimaţie pe suprafaţa unei băi de mercur, şi luarea în consideraţie a erorilor de gradare a cercurilor divizate. Datorită acestor metode precum şi prin îmbunătăţirea valorii constantelor astronomice, precizia măsurării declinaţiei se va dubla în decursul secolului, reducîndu-se eroarea medie la aproximativ 0",30. În

ceea ce priveşte ascensia dreaptă, un progres esenţial va fi intrudus prin *micrometrul impersonal.*

Bessel arătase, în 1823, că observarea momentului de trecere a unei stele prin spatele unui fir era afectată de o *ecuaţie personală*, adică de o eroare de estimaţie, proprie fiecărui observator, sistematică şi de altminteri inconstantă. Micrometrul impersonal, a cărui concepţie nu este originală, dar care a fost creat în forma lui corectă de J. Repsold în 1889, este prevăzut cu un fir mobil cu care observatorul urmăreşte deplasarea stelei. Sistemul de antrenare a firului comandă înregistrarea timpului atunci cînd firul trece prin dreptul unor puncte situate în mod regulat de o parte şi de alta a meridianului. Acest dispozitiv a redus ordinul de mărime al erorilor de măsurare a ascensiei drepte la cel al erorilor de măsurare a declinaţiei. Superioritatea lui este aşa de mare încît, în studiile moderne ale mişcărilor proprii, nu sînt luate în consideraţie observaţiile ascensiei drepte făcute cu instrumente neprevăzute cu micrometru impersonal, cu toată importanţa pe care o prezintă pentru acest fel de studii măsurătorile separate prin intervale mari de timp.

Electromagnetismul a simplificat anumite probleme în legătură cu timpul. Transportul timpului, în scopul determinării longitudinilor, cu ajutorul semnalelor de ascultare manuale transmise prin telegrafie, a fost propus de însuşi Morse, în 1839, şi pus în practică, în S.U.A., de către amiralul Wilkes, în anul 1844. Principiul sincronizării pendulelor cu ajutorul unui electromagnet montat pe braţul pendulului aservit a fost stabilit în 1847 de Foucault. Primele cronografe înregistrînd timpul (bătăile unui pendul şi momentul în care se produce fenomenul) prin înscrierea pe un cilindru sau pe o bandă de hîrtie cu ajutorul unui ac comandat de un electromagnet datează din aceeaşi epocă. Acest procedeu a înlocuit observarea trecerilor la meridian prin metoda numită „cu ochiul şi cu urechea", însă nu a îmbunătăţit categoric măsurătorile decît atunci cînd a fost asociat cu un micrometru impersonal.

C. URANOMETRIA

Progresul ştiinţei este legat indiscutabil de progresul definirii şi măsurării unităţilor. Atunci cînd cunoaşterea unor noi fapte permite cîştigarea unei zecimale la cifra cu care este definit un etalon, măsurarea mărimilor legate de unitatea respectivă face să apară, la rîndul ei, efecte noi. Avem de-a face şi în acest caz cu unul din aspectele schemei generale a dezvoltării ştiinţifice.

Prin intermediul frecvenţelor, în special ale undelor electromagnetice, una din mărimile fundamentale — timpul — pătrunde neîntrerupt astăzi în viaţa noastră cotidiană, direct sau pe calea produselor fabricate. Elementele astronomice care servesc la materializarea scării timpului şi la definirea unităţii sale — secunda — se dovedesc astfel a fi factorii importanţi ai condiţiilor noastre de existenţă. Aceste elemente sînt *Tabelele Soarelui şi ale planetelor*,

precum și *Cataloagele de stele*. Iată un subiect de meditație pentru acele spirite necultivate care cred că pot separa cercetarea aplicată de știința pură.

Uranometria, sau arta descrierii cerului, are ca obiect determinarea pozițiilor relative ale stelelor, adică elaborarea cataloagelor stelare.

CATALOAGE FUNDAMENTALE. PRECESIA. Stelele au mișcări proprii individuale. Un catalog de stele *fundamentale* conține pozițiile și mișcările proprii (adică coordonatele ecuatoriale și variațiile lor anuale) ale unui număr mic de stele strălucitoare care au făcut obiectul a numeroase măsurători absolute. Fiindcă direcția echinoxului servește drept origine a coordonatelor, elementele catalogului sînt legate de valoarea adoptată pentru mișcarea anuală a echinoxului, sau de *constanta precesiei*.

Prima valoare precisă a acestei constante a fost obținută de Bessel, în 1815, prin analiza mișcărilor proprii aparente (care conțin efectul deplasării sistemului de referință) ale stelelor lui Bradley (vezi vol. II, p. 520). Lucrările ulterioare ale lui Bessel (1818), O. Struve (1842), care au ținut seamă de mișcarea de translație a Soarelui spre apex, apoi ale lui S. Newcomb (1898) au condus succesiv la valorile următoare (raportate la anul 1900): 50″,248; 50″,264; 50″,256. Importanța acestor diferențe de valoare poate fi înțeleasă prin incidența lor asupra scării timpului, care se dilată cu o secundă pe an dacă constanta crește cu 0″,04. Valoarea convențională, admisă astăzi, rămîne aceea fixată a Newcomb.

Observațiile fundamentale ale lui Maskelyne, care a condus Observatorul din Greenwich după Bradley, se refereau la 36 de stele. Observațiile pe care le-a publicat în 1806 Piazzi din Palermo priveau 220 de stele. Le Verrier a încercat să introducă practica unor asemenea observații în Franța, organizînd observația continuă a mai multor sute de stele pe baza unor principii a căror valoare nu urma să fie recunoscută decît deabia mai tîrziu. „Sistemele“ fundamentale au fost constituite însă pe baza observațiilor făcute la Greenwich și la Pulkovo.

Sub fericita influență a lui Bessel, Observatorul din Pulkovo, creat în 1833, a fost orientat spre astronomia de poziție de către fondatorul său, V.I. Struve. Primul catalog fundamental al acestui observator a fost publicat în 1868 de O.Struve, fiul precedentului și cel de al doilea director. Catalogul conținea 336 stele și a fost urmat pînă acum de multe altele, fără ca munca să fi suferit cîndva vreo întrerupere mai însemnată. Observațiile făcute la Greenvich, conduse într-un spirit mai tradițional, dau dovadă de mai puțină diversitate în alegerea metodelor, distingîndu-se însă de la început prin perfecțiounea instrumentelor. Astfel, a putut fi păstrat în funcțiune, mai mult de un secol, instrumentul meridian conceput în 1850 de Airy, care a deținut funcția de astronom regal timp de aproape 50 de ani.

Primul *sistem fundamental*, relativ coerent, este acela de 539 stele, elaborat de Auwers în 1879. Extins și ameliorat de mai multe ori, acest sistem stă la baza sistemului convențional actual, în care elementele stelelor cu declinație

australă mare provin în majoritatea lor de la Observatorul din Capetown, în special ca urmare a lucrărilor făcute acolo, începînd din 1880, sub conducerea lui David Gill.

HĂRŢI ŞI CATALOAGE. În 1824, Bessel şi-a exprimat dorinţa de a se întocmi hărţi cereşti suficient de complete pentru ca să permită căutarea cu uşurinţă de obiecte noi. Într-adevăr, din 1807 nu mai fusese descoperită nici o planetă mică. Au fost deci întocmite „Hărţile Academiei din Berlin". Ele făceau inventarul zonei zodiacale, situînd în ea aproximativ 40 000 de stele. Obiectivul acestor hărţi s-a dovedit îndreptăţit chiar înainte de publicarea lor, aşa cum vom vedea cînd se va vorbi despre planetele mici şi despre Neptun.

F. Argelander, directorul Observatorului din Bonn, şi-a luat puţin după aceea sarcina să întocmească un inventar mai extins şi mai sistematic. În decurs de şapte ani, el a făcut, împreună cu colaboratorii săi Schönfeld şi Krüger, aproape 850 000 de observaţii ecuatoriale diferenţiale. Cataloagele *Bonner Durchmusterung* (sau *BD*), din care ultimul a apărut în 1862, conţin poziţiile (cu o aproximaţie de 1′) şi mărimile a 342 188 de stele aflate la nord de -2^0. Inventarul este complet pentru stelele de mărime pînă la 9,5 (care corespunde aproximativ magnitudinii vizuale 10,5), astfel că nomenclatura *BD*, a fost adoptată în mod universal.

Cataloagele *BD* au fost extinse la stelele din emisfera australă, mai întîi de către Schönfeld pentru 133 000 de stele la nord de -23° (*Südliche Durchmusterung*, în 1886), apoi şi la altele, la Observatorul argentinian din Cordoba, de către Thome (*Cordoba Durchmusterung*), începînd din 1885. Mai rămîneau încă stelele de la polul sud, care au făcut obiectul catalogului fotografic al lui Kapteyn, întocmit după clişeele făcute la Capetown de către Gill (*Cape Photographic Durchmusterung*). Rolul pe care îl joacă cataloagele *Durchmusterungen*, în special pentru identificarea stelelor, are o importanţă considerabilă, echivalentă cu munca depusă pentru întocmirea lor.

Cataloagele mai restrînse, dar care dau poziţii precise, întocmite (în afara primelor) pe bază de observaţii meridiane, formează un şir neîntrerupt şi sînt prea numeroase pentru a putea fi toate citate. Catalogul de 7 646 stele, întocmit de Piazzi pe baza observaţiilor pe care le-a făcut la Observatorul din Palermo (1792—1813), este primul de acest gen, observaţiile anterioare ale lui Bradley şi ale lui Lalande nefiind recalculate decît mai tîrziu (vezi vol. II p. 520). Piazzi a arătat că mişcările proprii nu constituie o excepţie, aşa cum s-ar fi putut crede, ci o regulă. Cataloagele societăţii Astronomische Gesellschaft (sau *AG*) au dreptul la o menţiune specială datorită obiectivului pe care l-au urmărit, anume acela de a acoperi totalitatea stelelor boreale de mărime inferioară lui 9. Această acţiune, concepută de Argelander în 1865, a fost repartizată între un număr mare de observatoare şi apoi extinsă şi la anumite stele din emisfera australă; ea nu s-a încheiat decît în 1913. Toate aceste cataloage, rodul unor lucrări de lungă durată, au dat astronomiei fundamentale posibilitatea să se dezvolte şi au permis astronomiei stelare

să se constituie. Pentru studiile moderne ele prezintă însă o precizie insuficientă și de aceea trebuie refăcute. Stelele din cataloagele *AG*, de exemplu, sînt în prezent în curs de reobservare, pe principii cu totul diferite.

ACȚIUNEA „HARTA CERULUI". De-abia se terminase inventarierea stelelor de mărimea a 10-a, că au și început să fie descoperite o serie de planete mai mici. Era prin urmare necesar ca această inventariere să fie extinsă cel puțin la regiunea eclipticii.

Prosper și Paul Henry lucrau la Observatorul din Paris în vederea stabilirii hărților extinse pînă la a 13-a mărime. Zonele regiunilor din Calea Lactee au o asemenea densitate, încît determinările individuale ale stelelor s-au dovedit imposibile. Trebuia să se recurgă deci la fotografie. Opticieni de formație, frații Henry s-au priceput să rezolve problemele care se ridicau în legătură cu aplicarea fotografiei la astronomie și, în special, problema ghidării. Astrograful lor, terminat în 1885, este o lunetă ecuatorială compusă din două lunete solidare. Una fotografică, cu obiectiv de 33 cm corectat pentru lumina violetă, dă clișee care acoperă o suprafață de patru grade pătrate. Cealaltă, cu o deschidere mai mică, dar de lungime egală, servește la controlul vizual al antrenării.

Performanțele aparatului l-au îndemnat pe amiralul Mouchez, directorul Observatorului din Paris, să pună în practică o sugestie făcută tocmai atunci de D. Gill, care se folosea deja la Capetown de avantajele fotografiei în vederea realizării unui catalog al stelelor polare australe. El convoacă de aceea la Paris, în 1887, un congres internațional cu scopul de a se studia posibilitățile de execuție fotografică a unei *Hărți a cerului* generale.

Optsprezece observatoare au acceptat să colaboreze. Calitatea imaginilor și lipsa de distorsiune a cîmpului au făcut ca astrograful fraților Henry să fie ales ca prototip al instrumentelor ce urmau să fie folosite. Trebuiau făcute două serii de clișee: una pentru *Hărți*, constînd din simple măriri de clișee și mergînd pînă la magnitudinea a 14-a, iar cealaltă, destinată *Cataloagelor*, trebuia să furnizeze pozițiile și magnitudinile fotografice ale stelelor mergînd pînă la mărimea a 11-a.

Acțiunea întreprinsă era de o amploare prea mare și apela la o tehnică prea nouă pentru a putea fi dusă la bun sfîrșit într-un timp scurt. Va trebui să treacă mai mult de o jumătate de secol pentru a o termina, iar omogeneitatea sperată va fi absentă, mai ales în domeniul fotometric. Documentele însă au rămas. Pozițiile celor cinci milioane de stele, conținute în cataloage, vor putea fi reduse la un sistem omogen atunci cînd se va dispune de mișcările proprii ale cîtorva sute de mii de stele, necesare unei noi reduceri a clișeelor. Dar, chiar de pe acum, hărțile acestea care au fixat starea cerului la o epocă determinată, sau în multe cazuri, la mai multe epoci, constituie o sursă documentară de neprețuit pentru numeroase cercetări în legătură cu nebuloasele extragalactice, stelele variabile etc.

SCOARŢA PĂMÎNTULUI NU ESTE RIGIDĂ. Pentru reducerea observaţiilor, se ţine seamă de mişcările sistemului de referinţă ecuatorial pe sfera cerească (precesie, nutaţie), presupunîndu-se însă drept fix sistemul local care serveşte de intermediar şi care este definit prin verticala şi meridianul astronomic al locului observaţiei. Euler a arătat însă, în 1765, că dacă rotaţia terestră nu se face riguros în jurul axei principale de inerţie a Pămîntului, ea nu poate avea o direcţie fixă în raport cu acesta: *polul terestru*, adică punctul în care această direcţie întîlneşte suprafaţa terestră va prezenta în acest caz o mişcare de nutaţie cu o perioadă de 305 zile.

Dacă nutaţia lui Euler nu era nulă, ea trebuia să se manifeste cu ocazia observaţiilor de poziţie prin efectul ei asupra azimuturilor şi latitudinilor. Bessel a încercat în zadar să o determine, în 1821, prin măsurarea azimutului unei mire meridiane, iar observaţiile de latitudine, organizate special în acest scop la Pulkovo între 1842 şi 1873, nu au dat nici ele vreun rezultat.

Totuşi, elementele locale nu prea păreau să fie absolut stabile. De aceea, Asociaţia geodezică internaţională a aranjat să se facă în 1889 şi 1890 — la iniţiativa lui F. Küstner — observaţii continue de latitudine la Berlin, Postdam şi Praga. Variaţiile concomitente constatate cu această ocazie dovedeau că mişcarea polului terestru era o realitate, dar că ea nu avea aspectul prevăzut. În 1891, astronomul american S.C. Chandler a descoperit în această mişcare două perioade, una de 12 şi alta de 14 luni. Perioada anuală este de origine meteorologică. Cealaltă (*perioada chandleriană*) a fost interpretată de către S. Newcomb în anul următor astfel: perioada euleriană, rezultată dintr-un calcul în care Pămîntul este considerat ca un solid nedeformabil, ar trebui înlocuită cu o valoare mai mare în cazul cînd Pămîntul posedă o anumită elasticitate.

Amplitudinea acestei mişcări nu depăşeşte 0″,5 (sau 15 m pe teren). De altfel, ea nu este fixă, astfel că traiectoria polului terestru instantaneu scapă oricărei previziuni. A fost creat de aceea, în 1900, Serviciul internaţional al latitudinilor pentru determinarea ei continuă.

La aceeaşi epocă, elasticitatea Pămîntului a fost confirmată şi prin alte fenomene care ţin mai mult de geodezie: existenţa mareelor scoarţei terestre şi mişcările locale ale verticalei. Reperele care intervin în măsurătorile de poziţie se vor dovedi astfel, rînd pe rînd, mobile sau instabile: după reperele astronomice (precesie, nutaţie, mişcări proprii ale stelelor) a venit rîndul reperelor locale. Pentru viitor se impun deci două obiective: supravegherea experimentală permanentă a fenomenelor cu caracter aleatoriu şi folosirea măsurătorilor numai după eliminarea fluctuaţiilor prin analiză statistică.

D. STRUCTURA SPAŢIALĂ A LUMII STELARE

PROBLEME DE DISTANŢĂ. Determinarea ordinului de mărime a distanţei Soarelui faţă de o stea este o problemă a cărei importanţă, atît filozofică, cît şi ştiinţifică, a generat cercetări active timp de peste un secol. Folosul

acestor studii, care s-au dovedit mult timp zadarnice în ceea ce privește obiectul lor, a fost foarte mare: descoperirea nutației și a aberației (vezi vol. II, pp. 508—509), precum și a existenței efective a sistemelor stelare (a se vedea mai departe) sînt rezultatul lor direct. Așadar, două elemente fundamentale ale concepției noastre despre lume, realitatea mișcării Pămîntului și caracterul universal al legii gravitației, rezultă din cercetări făcute asupra unei teme fără vreo legătură aparentă cu ele. Mersul cunoștințelor noastre urmează destul de obișnuit o astfel de cale.

Distanța unei stele este definită prin *paralaxa* ei, adică prin unghiul sub care se vede de pe stea unitatea astronomică de lungime (care este valoarea medie a razei orbitei terestre, egală cu circa 150 000 000 km). Paralaxa variază în raport invers cu distanța și este egală cu 1″ pentru o distanță de 206 000 unități astronomice, adică pentru $3 \cdot 10^{13}$ km, distanță pe care lumina o parcurge în trei ani și un sfert.

Mișcarea anuală a Pămîntului cauzează un efect de perspectivă care introduce în coordonatele ecuatoriale ale unei stele inegalități anuale proporționale cu paralaxa. Pentru stelele cele mai apropiate, este vorba de deplasări de o fracțiune de secundă de arc, adică chiar de ordinul de precizie al măsurătorilor. Se va înțelege de aceea de ce, după anunțarea unor efecte de paralaxă, ele au fost recunoscute apoi ca iluzorii.

De-abia în 1838, au fost obținute evaluări mai precise ale paralaxelor de către Bessel la Königsberg și, independent de el, de V.I. Struve la Derptum. La baza lor stătea un același principiu: studiul poziției unei stele cu mișcare proprie pronunțată (deci presupusă ca apropiată de Pămînt) față de stelele cele mai învecinate. Struve făcea aceste măsurători relative cu ajutorul unui micrometru cu fire și a studiat steaua Vega, pentru a cărei paralaxă a găsit diverse valori variind între 0″,12 și 0″,26 (valoarea actuală: 0″,12). Bessel folosea un heliometru, construit special pentru el de Fraunhofer, și a studiat steaua 61 Cygni.

Evaluările sale concordau între ele, precum și cu valoarea actuală de 0″,30, cu o aproximație de cîteva sutimi de secundă. Aceste rezultate, în special acelea ale lui Bessel, nu lăsau nici o îndoială asupra caracterului real al efectului studiat.

Puțin după aceea, Henderson și Mac Lear determinau, la Capetown, prin observații meridiane, paralaxa stelei α Centauri, ajungînd în 1840 la concluzia că este egală cu 0″,98. În felul acesta s-a determinat distanța unei stele care s-a dovedit ulterior a fi una din cele mai apropiate de noi. Valorii actuale a paralaxei ei (0″,76) îi corespunde o distanță egală cu de 270 000 ori raza orbitei terestre, echivalentă cu ceva mai mult de patru ani-lumină.

Mai tîrziu, s-a început elaborarea de cataloage de paralaxe, o operație deosebit de anevoioasă pe cale trigonometrică care cere ca fiecare stea să fie obiectul unui studiu continuu timp de cel puțin doi ani. Cele mai însemnate din acest punct de vedere sînt lucrările lui C.A.F. Peters de la Pulkovo (făcute în jurul anului 1845) și cele ale lui Gill și Elkin de la Capetown, executate 40 de ani mai tîrziu. Către anul 1900, lumea științifică avea la dispoziție paralaxele a circa 50 de stele.

MIŞCAREA SOARELUI. Se consideră că o stea se mişcă pe sfera cerească, dacă se poate constata că coordonatele ei, măsurate la epoci diferite, prezintă între ele diferenţe mai mari decît erorile probabile de determinare. Din cauză că aceste erori sînt greu de evaluat, este de asemenea greu să se stabilească data descoperirii efective a *mişcărilor proprii ale stelelor*. Mişcările puse în evidenţă, în 1738, de către Jacques Cassini, prin compararea poziţiilor recente cu cele determinate de Richer în 1672, par să fie primele a căror existenţă nu este pusă în discuţie.

Precizia măsurătorilor a dat în curînd posibilitatea să se constate variaţii progresive — de ordinul a cîtorva secunde pe an — ale coordonatelor unui anumit număr de stele. În 1761, Lambert a pus problema de a face deosebire între mişcarea reală a fiecărei stele şi efectul aparent datorat unei eventuale *deplasări a Soarelui*, efect la care Bradley se gîndise încă din 1738. Problema a fost rezolvată de W. Herschel în 1783.

Studiind cele 36 de stele din *Catalogul fundamental* pe care Maskelyne tocmai îl întocmise, Herschel a făcut observaţia că dacă mişcările aparente s-ar fi datorat în întregime deplasării eventuale a sistemului solar (mişcări pur *paralactice*), semiplanele conţinînd direcţia unei stele şi direcţia mişcării ei aparente ar converge de-a lungul unei semidrepte orientate în sens opus faţă de mişcarea reală a Soarelui, semidreaptă care joacă rolul liniei de fugă în efectul de perspectivă. Dintre cele 36 de stele, 13, din cele mai strălucitoare, aveau proprietatea enunţată, lăsînd să se prevadă o mişcare a Soarelui înspre constelaţia Hercules. Convergenţa nefiind riguroasă din cauza mişcărilor individuale ale stelelor, Herschel a căutat să deducă prin aproximaţii succesive direcţia care conducea la minimul sumei abaterilor. Folosind acest procedeu, el a ajuns la următoarele coordonate ale *apexului*: $\alpha = 246°$, $\delta = +50°$.

În 1818, Bessel a pus la îndoială acest rezultat, după ce studiase mişcările proprii din catalogul fundamental întocmit de el. Deşi, de obicei, bine inspirat, el n-a sesizat rolul dăunător pe care îl juca alegerea bazată pe mişcări proprii mari, atunci cînd aceasta era aplicată la stelele slabe. La aceste stele, mişcările individuale mari sînt numeroase şi depăşesc mişcările paralactice care, în medie, sînt slabe.

Lucrurile au fost puse la punct, cu 20 de ani mai tîrziu, de către Argelander. Fără să caute o convergenţă imposibilă într-un material de observaţie care cuprindea stelele slabe, el a stabilit o metodă de calcul care permite să se afle direcţia cea mai probabilă a apexului, plecînd de la ipoteza că mişcările individuale sînt distribuite la întîmplare. Bazîndu-se pe cele 540 de stele pe care le reobservase el însuşi la Abo în jurul anului 1830, Argelander a dedus pentru apex valorile $\alpha = 260°$ şi $\delta = +32°$. Materialul de observaţie fusese împărţit în trei clase, după mişcarea proprie. Deoarece rezultatele obţinute independent pentru fiecare din aceste clase nu difereau între ele decît prin cîteva grade, existenţa apexului putea fi considerată ca stabilită în mod indiscutabil.

Din determinările care au urmat după aceea, cele mai importante sînt cea a lui O. Struve (1842) (care a determinat în acelaşi timp şi valoarea constantei precesiei) şi aceea a lui Airy (1860) care este astăzi cea mai frecvent

folosită, dar care, de fapt, este echivalentă cu determinarea lui Argelander. În prezent se știe că direcția apexului variază după clasa stelelor studiate: coordonatele adoptate pentru *apexul clasic* ($\alpha = 270^{o}$, $\delta = 30^{o}$) diferă foarte puțin de acelea ale lui Argelander și chiar de acelea ale lui Herschel.

Mărimea mișcării Soarelui nu poate fi obținută prin aceste metode decît atunci cînd se cunosc distanțele stelelor folosite. Determinările de paralaxe au fost multă vreme prea rare și prea puțin precise pentru a se putea proceda pe această cale. În schimb, această mărime (iar odată cu ea, și aceea a apexului, de altfel) poate fi obținută pe baza valorii vitezelor radiale ale stelelor. Este necesar să se dispună în acest scop de un bun catalog de viteze radiale spectroscopice. Catalogul lui Vogel, pentru 51 de stele, i-a permis lui Kempf să evalueze, în 1892, viteza Soarelui la 18,5 km/s. Valoarea admisă în prezent este de 19,5 km/s.

SISTEMELE STELARE. Observarea cerului, mai ales după inventarea lunetelor, dăduse posibilitatea să se descopere diferite grupuri de două sau de mai multe stele foarte învecinate ca direcție. Era riscant să se imagineze o apropiere reală a stelelor din același grup, cu atît mai mult cu cît ele au adesea o strălucire diferită și cu cît pe atunci se credea că există o legătură strînsă între distanță și strălucire.

Nereușita încercărilor făcute în scopul de a se stabili existența paralaxelor stelare (vezi vol. II, p. 508) l-a făcut pe Herschel să întocmească în 1782 un program de măsurători diferențiale, care sînt mai precise decît măsurătorile independente: dacă una din componentele unei stele duble este un obiect foarte îndepărtat, iar cealaltă un obiect apropiat, atunci poziția lor relativă este afectată de un efect de perspectivă care variază în decursul mișcării anuale a Pămîntului (efectul de paralaxă).

În 1803, Herschel publica primele rezultate ale analizei măsurătorilor sale micrometrice. Nu se constata un efect de paralaxă, dar se observa în schimb un alt fenomen: la fiecare din cele cinci perechi de stele, poziția relativă a unuia dintre elemente urma un arc de curbă care diferea clar de un segment de dreaptă și a cărui concavitate era îndreptată spre celălalt element.

După ce a demonstrat că mișcarea Soarelui nu putea explica fenomenul observat, Herschel a ajuns la concluzia că exista cu adevărat o mișcare relativă, neuniformă și datorată deci unei acțiuni mutuale. Existența *sistemelor binare* era astfel stabilită.

Cu timpul, cu toată lipsa unor elemente precise în legătură cu mișcările relative, astronomii au trebuit să ajungă la concluzia că între componentele cvasitotalității stelelor duble din punct de vedere optic există o apropiere reală. Probabilitatea că două stele independente să prezinte o anumită apropiere aparentă se deduce din numărătoarea stelelor, constatîndu-se că — comparată cu frecvența efectivă a perechilor de stele inventariate — această probabilitate este neînsemnată.

Cunoașterea unui arc al orbitei aparente face posibilă definirea elementelor orbitei reale în ipoteza că aceasta este kepleriană sau, cu alte cuvinte, că acțiunea reciprocă este guvernată de legea lui Newton. Ipoteza se va dovedi

justificată dacă orbita calculată va reprezenta cu adevărat mişcarea observată (ca poziţii şi timp) cu ocazia măsurătorilor făcute anterior, sau a celor care vor fi făcute în continuare. Aceasta a fost calea care a condus la afirmarea caracterului universal al legii lui Newton.

Este un fapt remarcabil că prima noţiune dobîndită asupra lumii stelare s-a prezentat sub forma unui rezultat aşa de general. Într-adevăr, în 1827, cu zece ani înainte ca să se fi putut aprecia distanţa care ne separă de o stea, Savary a rezolvat delicata problemă geometrică a calculului elementelor orbitale reale pe baza elementelor orbitei aparente, aplicînd soluţia sa la steaua ξ Ursae Majoris. Datorită perioadei relativ scurte (60 de ani) a acestei stele binare şi excentrităţii deosebit de mari a orbitei ei reale, valabilitatea legii ariilor a fost verificată cu precizie, stabilindu-se caracterul keplerian al mişcării.

Masa totală a unui sistem binar poate fi uşor determinată cunoscînd perioada T şi semiaxa mare a a orbitei reale, atunci cînd paralaxa a putut fi măsurată şi deci cînd se cunoaşte valoarea metrică a lui a. Cea de a treia lege a lui Kepler (vezi vol. II, p. 301), în forma pe care i-a dat-o Newton, arată că masa totală este proporţională cu raportul a^3/T^2. Această metodă este singura care ne dă posibilitatea să cunoaştem masa stelelor. Prin mijlocirea relaţiei masă-luminozitate, ea ne-a condus în ziua de azi la informaţii esenţiale asupra structurii interne a stelelor. Primele mase calculabile au fost acelea ale stelelor apropiate şi erau cuprinse între 0,5—6, masa Soarelui fiind considerată ca unitate. Atît prin masa, cît şi prin spectrul lui, Soarele se dovedea a fi o stea comună.

Determinarea orbitei era şi ea o problemă importantă. John Herschel a rezolvat-o, în 1831, pentru cazul general, după ce Savary tratase un caz particular. În 1900, erau cunoscute aproape o sută de orbite, cu perioade eşalonate între cîteva zeci şi cîteva sute de ani. Ele au putut fi determinate prin observarea a nenumărate sisteme binare. J. Herschel, V.I. şi O. Struve, Mädler, Dombrowski, Burnham şi See, printre alţii, au asigurat în decursul secolului studiul unui număr de aproape 15 000 de stele binare.

Stelele duble *vizuale* nu sînt singurele noastre mijloace de informaţie. În 1890, C. Pickering a descoperit la Harvard *stelele duble spectroscopice*. Observînd o dedublare periodică a liniilor spectrelor stelare, el a reuşit să distingă efectul unei mişcări orbitale asupra vitezelor radiale ale elementelor unei perechi de stele care nu puteau fi dedublate optic.

Atenţia astronomilor fusese atrasă de mult de anumite stele variabile, a căror strălucire scade periodic foarte puternic şi pe un timp scurt. Ipoteza existenţei unui satelit, obscur, ocultînd steaua la fiecare rotaţie, a fost pusă în ecuaţie, cu privire la Algol, de către Pickering în 1880, care i-a determinat orbita prezumată. În 1889, Vogel a observat deplasări periodice ale liniilor spectrale ale stelei Algol, deplasări care confirmau ipoteza lui Pickering. Aceşti doi astronomi au arătat de asemenea, puţin timp după aceea, că stelele variabile de tipul β Lyrae (a căror strălucire prezintă două maxime) sînt de o natură asemănătoare, satelitul fiind în acest caz luminos. Avem de-a face cu cele două categorii de *stele variabile cu eclipse* sau de *stele duble fotometrice*.

STRUCTURA SPAȚIALĂ A CĂII LACTEE. Structura universului stelar nu poate reieși decît din cercetări statistice. Obiectele studiate sînt eșantioane din care trebuie să se cunoască caracteristicile și mulțimile pe care le reprezintă. Am văzut mai sus, în ce fel lucrările făcute în secolul al XIX-lea au dat posibilitatea culegerii unor informații precise asupra pozițiilor spațiale și asupra deplasărilor relative ale unui număr mare de stele. Problemele privind *distribuția* stelelor nu au putut fi abordate însă cu același succes din lipsa unei cunoașteri suficiente a rolului elementelor fizice.

W. Herschel a fost primul astronom care s-a ocupat de studiul sistematic al repartiției stelelor. Procedînd prin sondaje, el a numărat, după mărimea lor, stele vizibile aflate în cîmpul de 15′ al unui ocular cu grosisment redus, adaptat la telescopul său de 20 de picioare. Aceste cîmpuri elementare constituie niște „etaloane" care ar trebui să fie în număr de peste un milion pentru ca să acopere întreaga sferă cerească. Herschel s-a mulțumit să aleagă cîteva mii de asemenea „etaloane", repartizate convenabil într-o zonă perpendiculară pe planul galactic. În anul 1785, el era în situația să degajeze esențialul din rezultatele obținute, care au rămas valabile și astăzi: stelele sînt distribuite aproximativ într-un strat de grosime relativ mică și cu diametru mare, Soarele fiind situat în planul median al acestui strat și ocupînd o poziție excentrică. Ansamblul stelelor formează un sistem unic numit Calea Lactee. În ceea ce privește pata alburie, care poartă același nume și care urmărește aproximativ un cerc mare al sferei cerești, ea nu este decît traducerea optică, în ochii unui observator din interiorul sistemului, a efectului de condensare a stelelor din strat.

Pentru a determina distribuția spațială pe baza numărătorilor, era nevoie de un criteriu de distanță. A fost folosită în acest scop mai întîi mărimea stelei și, mai tîrziu, valoarea mișcării ei proprii. În legătură cu aceste teme au fost realizate numeroase lucrări. Dar cum stelele constituie un ansamblu eterogen atunci cînd nu sînt asociate după caracterele lor fizice, rezultatele obținute n-au putut să fie altfel decît iluzorii și de aceea nu este cazul să le reamintim. Un oarecare interes istoric reprezintă totuși evoluția ideilor care au circulat în legătură cu locul deținut în univers de lumea galactică.

În secolul al XVIII-lea, anumiți savanți, ca de exemplu Kant și Lambert, concepeau universul sub forma unui ansamblu infinit de sisteme, fie juxtapuse, fie înglobate unele în altele. Stelele perceptibile constituiau sistemul nostru. Celelalte sisteme, sau *universuri insulare*, trebuiau căutate printre obiectele difuze care erau catalogate pe vremea aceea fără nici o deosebire, drept „nebuloase". Această concepție se preta la dezvoltări filozofice evidente.

Marile instrumente, cum au fost acelea ale lui Herschel, au dat posibilitatea să se „descompună" în stele un anumit număr de nebuloase. Nebuloasele au au fost diferențiate atunci în *roiuri de stele* și în nebuloase presupuse *nerezolubile*. Distribuția roiurilor de stele a arătat o puternică concentrare spre planul galactic, ceea ce a făcut să dispară orice îndoială că ele n-ar aparține sistemului galactic. Universurile insulare nu puteau să-și aibă locul decît printre nebuloa-

sele nerezolubile, care trebuiau presupuse de natură stelară, contrar părerii lui Heschel care le considera gazoase. Natura gazoasă a unora din aceste nebuloase a fost stabilită totuşi începînd din 1864, cînd Huggins a constatat că ele dădeau spectre de emisie.

Începînd de atunci, existenţa universurilor insulare a fost considerată problematică, iar către sfîrşitul secolului al XIX-lea se considera în general drept sigur că universul se confundă cu lumea galactică. Totuşi, aceasta nu însemna că domeniul nu rămînea deschis pentru tot felul de speculaţii, ca de exemplu, ideea după care Calea Lactee ar avea o structură în spirală, ideea emisă de S. Alexander în 1852 şi apoi de către R. Proctor în 1869, puţin după ce lordul Ross observase o asemenea structură la anumite nebuloase (1845) şi cu mult înainte ca acestea să fi fost descompuse în stele (1924).

Prin acţiunile lor reciproce de gravitaţie, stelele creează un cîmp de atracţie care le determină mişcările. Era firesc deci să se presupună că, făcînd abstracţie de efectele locale, acest cîmp era destul de asemănător cu acela care l-ar produce o masă fictivă jucînd pentru stele rolul pe care Soarele îl are pentru planete. Acest centru dinamic, care nu este altceva decît actualul centru galactic, a fost căutat începînd din 1846 de către Mädler, succesorul lui V.I. Struve la conducerea Observatorului din Derptum. Cu toate că anumiţi astronomi îşi dăduseră seama că datele cinematice obţinute în decursul secolului erau disproporţionat de puţine faţă de cele necesare abordării acestei probleme, noţiunea de *Soare central* s-a bucurat multă vreme de trecere, poate tocmai din cauza acestui nume metaforic. De altfel, Mädler situa acest centru în Pleiade, aproape în opoziţie cu direcţia lui reală.

De fapt, se poate considera că nu se făcuse nici un progres în legătură cu caracterele generale ale structurii spaţiale a Căii Lactee între 1785 şi 1897, dată la care H. Kobold a descoperit, pe cale statistică, existenţa unui efect sistematic în mişcările proprii absolute. Interpretarea acestui efect urma să conducă în curînd la lucrările lui Kapteyn şi K. Schwarzschild asupra distribuţiei vitezelor.

E. PRIMELE NOŢIUNI DE FIZICĂ STELARĂ

Informaţiile pe care le primim de la o stea ne sînt transmise prin radiaţia sa. Contribuţia pe care măsurătorile o aduc fizicii stelare este reprezentată deci numai prin studiul intensităţii radiaţiei (luminoasă sau nu) pe diferitele lunigimi de undă. În timp ce studiul calitativ al radiaţiei luminoase totale, sau al *strălucirii aparente*, este de dată mai veche, studiul ei cantitativ este legat de progresul fotometriei. În ceea ce priveşte analiza radiaţiei, ea se va limita mai întîi la partea vizibilă a *spectrului stelar* şi nu va depăşi în decursul secolului stadiul studiului descriptiv.

1. Strălucirea aparentă

MĂRIMI STELARE. Cei vechi au împărțit empiric stelele în șase clase de *mărime*. După inventarea lunetelor, strălucirea minimă perceptibilă nemaifiind limitată în mod absolut, a fost necesar să se convină asupra unei metode care să dea posibilitatea extinderii treptate a clasificării. Procedeul care s-a impus în mod firesc a fost acela de a se atribui mărimea a 7-a unei stele, care, văzută printr-o lunetă în același timp cu o stea de mărimea a 6-a, formează o pereche, dînd impresii luminoase asemănătoare acelora pe care ochiul liber le primește de la două stele de mărimea a 6-a și a 5-a (sau a 5-a și a 4-a). Mărimile următoare erau definite în același fel, din aproape în aproape.

Metoda nu putea conduce la rezultate coerente, fiindcă însăși baza ei, formată din mărimile stelelor vizibile cu ochiul liber, era dintre cele mai incoerente, așa cum a constatat W. Herschel atunci cînd a studiat-o înainte de a proceda la cercetarea descriptivă generală a cerului. Practic, astronomii care și-au asumat sarcina să revizuiască clasificarea mărimilor prin observații directe (adică fără fotometru) n-au făcut decît să aplice principiile stabilite de Herschel în 1796; executarea de comparații multiple ale seriilor de stele clasate după străluciri descrescătoare. Rezultatele diferă prin scara clasificării și prin precizia lor internă.

Măsurătorile pe care le-a făcut John Herschel la Capetown, între 1834 și 1838 se disting prin precizia lor: eroarea medie (internă) a estimărilor depășește cu puțin a douăzecea parte a mărimii, fiind doar cu ceva mai mare decît aceea a măsurătorilor care pot fi făcute cu un fotometru bun. Primele măsurători făcute de Argelander și publicate în *Uranometria Nova* (1843) se extind la toate stelele vizibile cu ochiul liber la latitudinea Bonnului. Calitatea acestui catalog a făcut ca el să fie ales drept bază a scării fotometrice. Diferitele scări sînt de altfel destul de apropiate, fiindcă toate au drept origine, la urma urmei, scara lui Ptolemeu. Cataloagele lui Argelander și ale succesorilor săi conțin mărimile vizuale (obținute prin observație directă) ale stelelor mai strălucitoare decît cele de mărimea a 10-a, adică mai mult de un milion de stele.

SCĂRI FOTOMETRICE. Fotometrele pe care le-am descris mai sus au permis să se studieze mai întîi scara empirică. În 1836, C.A. Steinheil constata că mărimile stelelor variază proporțional cu logaritmul strălucirii. Legea aceasta este atribuită de obicei filozofului Fechner care a formulat mai tîrziu, de-abia în 1859, un enunț mai general, afirmînd că senzațiile variază proporțional cu logaritmul excitațiilor. Trebuie să adăugăm faptul că recepția strălucirilor stelare constituie practic singura excitație care ne permite să verificăm legea numită a lui Fechner și că, de altfel, această verificare nu este decît aproximativă.

Coeficientul cu care trebuie afectat logaritmul strălucirii a fost fixat, în 1879, ca egal cu 2,5. Această cifră fusese dată, în 1856, de Pogson și din această cauză

numele lui este legat de formulă. Steinheil obținuse coeficientul 2,2. În ceea ce privește originea scării, ea nu va fi definită riguros decît mult mai tîrziu, printr-un procedeu statistic.

MAGNITUDINI. După constituirea scării fotometrice, fotometrele au dat posibilitatea să se atribuie mărimii stelelor o valoare bine definită, care a căpătat de atunci înainte numele de *magnitudine*. Dacă exceptăm erorile de estimație, mărimile cuprinse între 3 și 6 coincid îndeaproape cu magnitudinile. La stelele strălucitoare considerate mai înainte ca de prima mărime, vor corespunde acum în general magnitudini mai mici decît 1, cîteodată chiar nule sau negative. Magnitudinea lui Sirius este, de exemplu, —1,6. Cataloagele de magnitudini vizuale au rezultat mai cu seamă din lucrările făcute la observatoarele din Harvard și Potsdam.

Catalogul *Revised Harvard Photometry* și *Suplimentul* lui, apărute în 1908, grupează rezultatele a circa un milion de măsurători. Ele se referă la totalitatea stetelor strălucitoare și la cîteva mii de stele slabe. Executate, începînd din 1879, cu ajutorul fotometrelor meridiane ale lui Pickering și sub conducerea acestuia, aceste estimări sînt raportate în principiu la stele meridiane etalon. Raportările sînt făcute de fapt la Steaua Polară care, după cum s-a observat mai tîrziu, prezintă variații de strălucire de ordinul unei zecimi de magnitudine. Acest fapt a putut să afecteze într-o oarecare măsură precizia rezultatelor, care nu o atinge însă pe aceea a catalogului *Potsdam Durchmusterung* (sau *PD*). Acest din urmă catalog grupează măsurătorile executate între 1886 și 1905 de G. Müller și P. Kempf cu un fotometru Zöllner și cuprinde toate stelele din emisfera nordică pînă la magnitudinea 7,5. Calitatea acestui catalog se datorează în parte și unor importante cercetări asupra *absorbției atmosferice* locale pe care Müller le făcuse în jurul anului 1880. Este vorba de un efect complex, studiat încă din 1729 de Bouguer, puțin cunoscut încă și astăzi, și care afectează toate determinările fotometrice care nu sînt strict diferențiale.

STELELE VARIABILE. În anul 1638 a fost semnalată pentru prima dată o stea (Mira Ceti) care prezenta variații de strălucire aproape periodice. Se ajunsese să se cunoască 15 asemenea stele pînă în 1843, an în care Argelander, folosindu-se de experiența care o căpătase în fotometrie, a formulat principiile cercetării și studiului *stelelor variabile*.

Pînă la sfîrșitul secolului al XIX-lea, fuseseră determinate *curbele de lumină* ale mai multor sute de stele, în general prin fotometrie vizuală directă. Se putuseră distinge diferite categorii de stele variabile: nove și neregulate, cu perioadă lungă (de cîteva luni) și cu perioadă scurtă (de cîteva zile). În 1895, Bayley a descoperit cu ajutorul fotografiei stelele variabile din roiurile de stele, cu perioadă foarte scurtă (de cîteva ore).

Prezența stelelor duble (variabile cu eclipsă și binare spectroscopice) printre stelele cu perioadă scurtă a făcut ca toate stelele din această clasă să fie considerate, pe nedrept, binare. Observația spectroscopică a Cefeidelor întreținea această confuzie, fiindcă pulsația acestora se traduce printr-o variație

a vitezei radiale, asemănătoare aceleia pe care ar produce-o o mișcare orbitală efectivă. Pentru înțelegerea originii variațiilor de strălucire era nevoie de teoria atmosferelor stelare. Rezultă că pe vremea aceea nu se putea propune nici o explicație satisfăcătoare a acestor variații, așa că drept singură contribuție pozitivă a acestei epoci în acest domeniu nu pot fi considerate decît studiile descriptive.

2. Un mesaj cifrat: spectrul

Încă de la începuturile spectroscopiei, Fraunhofer observase că spectrele stelare se deosebeau unele de altele, părînd că pot caracteriza fiecare obiect astronomic. El nu putea bănui însă uimitoarea bogăție de informații conținută într-un spectru și trebuia să se mai scurgă un secol pentru ca ea să fie valorificată în întregime.

După anul 1859, cînd legea lui Kirchhoff fusese deja enunțată, programul cercetărilor era ca și trasat: studierea liniilor de emisie ale elementelor simple și urmărirea identificării lor în spectrele astronomice. Prin studiul amănunțit al spectrelor stelare de bună calitate, s-a constatat în curînd că numărul elementelor simple recunoscute va crește odată cu progresul spectroscopiei. În 1863, Huggins și Miller descopereau o duzină de elemente în spectrele stelelor Betelgeuse și Aldebaran. O clasificare a spectrelor nu putea fi făcută deci decît pe bază empirică și după criterii generale ce urmau să fie fixate.După mai mulți ani de observații, Secchi a desprins, în 1867, o repartizare a spectrelor în trei tipuri, după prezența sau intensitatea anumitor grupuri de linii. Aceste tipuri urmăreau destul de îndeaproape culoarea aparentă a stelei: stele „albastre" ca Sirius, stele „galbene" cum este Soarele și stele „roșii" ca Betelgeuse. Acest din urmă tip, care cuprindea și majoritatea stelelor variabile, a fost subîmpărțit după aceea: stelele „foarte roșii", sau hidrocarbonate, au fost încadrate într-o clasă separată.

Clasificarea lui Secchi, nebazată pe vreo idee teoretică preconceptă, era solidă tocmai din această cauză. Pentru a o preciza în primul lor catalog fotografic, astronomii de la Harvard nu au făcut decît să o subdivizeze: astfel stelele din *Draper Catalogue* sînt împărțite în clase afectate de una din literele *A* pînă la *N*, care urmăresc cele patru tipuri de spectre ale lui Secchi. Nomenclatura va fi îmbunătățită în cataloagele următoare și va ajunge, în 1901, la o formă apropiată aceleia pe care o are astăzi. Ea se bazează în principal pe intensitatea relativă a diferitelor linii ale hidrogenului. Valoarea lui *Henry Draper Catalogue* se datorește tocmai acestor operații de clasificare făcute, sub conducerea lui Pickering, de d-na Fleming, d-ra Maury și d-ra Cannon. Catalogul acesta, a cărui publicare a fost terminată în 1924, dă magintudinea fotografică și clasa spectrală a 225 000 de stele, adică a tuturor stelelor mai strălucitoare decît cele de magnitudinea 6, precum și a unui număr mare de stele slabe.

Firește că s-a încercat și interpretarea spectrelor. Cel mai simplu era să se coreleze (calitativ) tipul spectral cu temperatura, prin analogie cu fenomenele

observate în laborator. Ideea, destul de firească, că temperatura exprimă starea de evoluție a unei stele și că permite să se fixeze „vîrsta" stelelor după tipul lor, a fost emisă de Zöllner în 1865. Reluată de Vogel, în 1874, care a făcut din ea baza unei clasificări, dezvoltată apoi de Lockyer, care, pe lîngă temperatură, a adăugat și densitatea drept element fundamental al evoluției, ea nu urma să aducă pînă la sfîrșit nimic pozitiv, afară doar de faptul de a fi stimulat cercetările și de a fi condus, mai ales, la cercetările lui H.N. Russell.

În schimb, rămîn valabile rezultatele obținute, care sînt limitate la interpretarea imediată a datelor de observație. Ele nu puteau fi expuse însă decît în cadrul sintezelor a căror elaborare a fost făcută posibilă de teoriile moderne. De aceea, nu vom menționa aici decît pe cele mai însemnate. Multe obiecte difuze, clasate ca „nebuloase planetare", au putut fi *rezolvate*, dovedindu-se a fi roiuri de stele. S-ar fi putut presupune, firește, că toate nebuloasele erau roiuri, dacă Huggins n-ar fi observat, în 1864, că spectrul uneia din ele era lipsit de linii de absorbție și n-ar fi conchis, pe bună dreptate, că obiectul era de natură gazoasă. În 1866, tot Huggins a observat în spectrul unei nove liniile strălucitoare ale hidrogenului, fenomen care exprima o emisie de gaze cu temperaturi ridicate. Variația strălucirii stelelor era astfel asociată, pentru prima dată, cu o altă manifestare fizică. În sfîrșit, după cum am văzut mai înainte, doi ani după aceea același astronom aplica spectroscopia la măsurarea vitezelor radiale.

F. MIȘCARE ȘI GRAVITAȚIE

Exploatarea tradițională a sistemului solar continuă să fie rodnică. Planetele sînt înzestrate cu noi sateliți. Cometele, pentru care interesul publicului continua să se manifeste, fac obiectul a numeroase studii dintre care rămîn valabile acelea care au legătură cu determinarea orbitelor lor: clasica „metodă a lui Olbers", publicată în 1797, lucrările lui Gauss, în legătură cu asteroizii despre care vom vorbi mai departe, și Tratatul lui Th. von Oppolzer (1882). Enigma pusă de „stelele căzătoare" sau de ploile de *meteoriți* este în parte rezolvată: Olmsted și Twining de la Observatorul din Newhaven arată, în 1884, că ele sînt roiuri de particule materiale care descriu în jurul Soarelui o orbită intersectînd orbita terestră. În 1866, G. Schiaparelli stabilește identitatea orbitei Perseidelor, roi de corpuri cunoscut de mai mult de zece secole, cu aceea a unei comete descoperite în 1862. Această legătură dintre comete și meteoriți este un fenomen al cărui caracter general este recunoscut în curînd și care pare să confirme ipoteza formulată mai întîi de D. Kirkwood (1861), conform căreia meteoriții sînt produse de dezagregare progresivă a nucleului unei comete.

Se vor obține însă și rezultate de o cu totul altă importanță. Am arătat, atunci cînd am vorbit despre paralaxele stelare, că anumite cercetări, deși rămase multă vreme zadarnice din punctul de vedere al obiectului lor, puteau totuși să conducă indirect la descoperiri importante. În mecanica cerească,

cunoștințele erau destul de extinse în secolul al XIX-lea pentru ca regula să o formeze fenomenul invers: prin intuiție, raționament sau calcul vor fi investigate obiecte ipotetice, a căror existență reală va fi constatată mai tîrziu de către observatoare. Cunoscute de toată lumea, repetate și privind un domeniu în care spiritele mistice nu admit fără reticențe că s-ar putea exercita puterea științei, confirmările materiale ale prezumțiilor sau ale previziunilor au acționat pe timpul acela în favoarea raționalismului, acordînd o dată mai mult astronomiei un rol în evoluția curentelor de opinie, dacă nu chiar și în evoluția doctrinelor.

NOILE PLANETE. Printr-o întîmplare, W. Herschel, care cerceta stelele duble, a descoperit în 1781 planeta denumită mai tîrziu Uranus. În cîmpul ocularului cu grosisment mare, adaptat la telescopul de 7 picioare, obiectul avea un diametru aparent vizibil. S-a constatat în curînd că el fusese observat și luat drept o stea, de mai multe ori, începînd din 1690. Cu toate că deplasarea anuală a planetei era redusă (de 4° pe an), B. Oriani de la Observatorul din Milano a fost în stare să-i determine, în 1785, o orbită destul de acceptabilă. Semiaxa mare era de 20 de ori mai mare decît aceea a orbitei terestre.

Or, pe timpul acela, astronomul berlinez J. Bode cunoștea o formulă simplă care dădea un șir de numere reprezentînd corect distanțele pînă la Soare ale planetelor deja cunoscute. Este vorba de o relație empirică, enunțată în 1772 de J. Titius. Termenul acestui șir, care urma aceluia acordat lui Saturn, se dovedea că reprezintă distanța noii planete. Formula căpăta astfel caracterul unei adevărate legi experimentale, a cărei justificare teoretică ne lipsește de altminteri și astăzi.

Între planetele Marte și Jupiter era un loc gol. Kepler îl observase, iar regula lui Titius-Bode dădea distanța la care planeta absentă ar fi trebuit să se găsească.

În timp ce, după inițiativa lui von Zach, un grup de astronomi germani elabora un program de observații sistematice pentru aflarea planetei ipotetice, G. Piazzi, care determina pozițiile stelelor în Observatorul său din Palermo, și-a îndreptat din întîmplare atenția, începînd de la 1 ianuarie 1801 asupra unui obiect de mărimea a 8-a care nu avea aspectul unei comete și care se deplasa de la o noapte la alta. Piazzi a putut să-l observe timp de șase săptămîni.

Bode a avut presentimentul că era vorba de planeta căutată. Dar din cauză că intrarea ei în conjuncție cu Soarele făcuse deocamdată observațiile imposibile, era necesar să i se cunoască orbita pentru a se putea spera că va fi regăsită pe bolta cerească. Metodele semiempirice folosite pe timpul acela pentru determinarea orbitelor neparabolice nu puteau fi aplicate cu succes la un arc de traiectorie așa de scurt ca acela de care se dispunea. Printr-o întîmplare fericită, tînărul matematician Gauss, care își terminase de-abia studiile, era în posesia elementelor soluției pe care le-a pus la punct cu această ocazie. El începu prin determinarea orbitei pe baza a trei observații ale planetei (clasica *metodă a lui Gauss*, folosită și în prezent), pentru ca apoi să corecteze orbita, luînd în considerare și celelalte observații pe care le prelucra *prin metoda celor mai mici pătrate*. Lucrarea în care Gauss și-a expus ideile, celebra

Theoria motus corporum coelestium, apătură în 1809, este de o claritate remarcabilă. Metoda celor mai mici pătrate este aplicată în zilele noastre atît de des fără nici o raţiune, încît rezultatele înşelătoare care se obţin nu fac decît să o discrediteze. Ar fi de dorit ca atît cei ce o calomniază, cît şi cei ce o folosesc, să înveţe din textul original care sînt adevăratele ei condiţii de aplicare.

Gauss a fost deci în măsură să comunice într-un timp scurt elementele căutate şi să facă posibilă redescoperirea planetei care a fost numită Ceres. Semiaxa mare satisfăcea regula lui Titius, împrejurare care justifica acţiunea concepută de astronomii germani, dacă nu şi programul lor. Este interesant de remarcat faptul că descoperirea lui Piazzi a venit în momentul în care filozoful Hegel, mai puţin norocos decît compatriotul său Kant în tentativele sale astronomice, demonstrase tocmai într-o lucrare că numărul planetelor nu putea fi decît şapte.

În 1802, H. Olbers de la Observatorul din Bremen, a descoperit o nouă planetă, Pallas, într-un punct apropiat de traiectoria lui Ceres. Semiaxa mare a planetei Pallas avea aceeaşi mărime ca şi semiaxa mare a primei planete. Din cauză că locul gol fusese deja ocupat, descoperirea era stînjenitoare. Olbers emise ipoteza că în locul acela s-ar fi aflat la început o singură planetă care s-ar fi dezagregat, dînd naştere unui roi de *mici planete* sau *asteroizi* ale căror orbite puteau fi distincte, dar trebuiau să intersecteze, toate, o aceeaşi dreaptă, anume aceea care purta raza vectoare a planetei primitive la vremea dispariţiei ei. Existau deci două zone ale cerului care trebuiau supravegheate în mod special. Şi de fapt s-a descoperit într-una din zone, în 1804, un al treilea asteroid, iar în 1807 un al patrulea, în cealaltă zonă. Cu toate acestea, raţionamentul lui Olbers era incorect, fiindcă marile planete perturbă orbitele planetelor mai mici, ceea ce nu permite ca planele orbitelor să păstreze la infinit o dreaptă comună, presupunînd, bineînţeles, că această proprietate exista de la început.

A trebuit să treacă un lung interval de timp pînă cînd au fost făcute noi descoperiri. Lipsa unor hărţi cereşti bune făcea ca identificarea altor asteroizi să fie anevoioasă. Am văzut mai sus că hărţile Academiei din Berlin au fost concepute în acest scop. Chiar înainte de a fi fost difuzate, ele i-au dat posibilitatea unui astronom amator german, K. Hencke, să identifice, în 1845, un al cincilea asteroid pentru ca, peste doi ani, să mai descopere şi pe al şaselea. De atunci, n-a mai trecut un singur an fără ca numărul asteroizilor să nu se mărească.

Aceasta este, pe scurt, curioasa poveste a descoperirii asteroizilor. Datorită rolului jucat, rînd pe rînd, de hazard şi de inducţie, de ipotezele false şi de teoriile matematice, ea se desfăşoară ca un roman cu întorsături multiple, a cărui morală ar fi aceea că eforturile perseverente sînt întotdeauna recompensate. În ceea ce priveşte importanţa acestor obiecte în astronomie, şi în special, în astronomia fundamentală şi în cosmologie, ea nu va apărea în adevărata ei lumină decît în secolul al XX-lea.

DESCOPERIREA LUI NEPTUN. Primele tabele ale lui Uranus nu rămîn mult timp în acord cu observațiile. A. Bouvard publică în 1821 tabele noi. Fusese obligat să renunțe la observațiile vechi, pentru a putea prezenta mai bine pe cele recente. Dezacordul dintre cifre nu a întîrziat să se arate: atingea 2′ după trecerea a 20 de ani.

Insuficiența teoriei putea avea două cauze: sau legea lui Newton nu era exactă, sau exista o masă necunoscută care perturba mișcarea. Clairaut formulase deja prima ipoteză în legătură cu mișcarea perigeului Lunii și apoi o abandonase, pe bună dreptate, fiindcă, în fond, ea nu permitea înlăturarea unui dezacord, decît provocînd altele. Cea de a doua ipoteză, sugerată de însuși Bouvard, a făcut obiectul cercetărilor independente ale lui Le Verrier și ale lui Adams.

Dacă se presupunea că mișcarea lui Uranus era perturbată de o planetă, necunoscutele problemei erau, pe de o parte, elementele planetei ipotetice, iar pe de altă parte corecțiile care trebuiau aduse elementelor atribuite anterior lui Uranus. Reziduurile observației planetei Uranus erau prea neînsemnate pentru a putea permite determinarea celor 14 necunoscute. Trebuiau făcute deci ipoteze simplificatoare, presupunîndu-se, de exemplu, că orbitele celor două planete erau în același plan, să se admită valabilitatea regulii lui Titius etc. Le Verrier și-a făcut în 1845 cercetările axîndu-le pe această temă, iar la 31 august 1846 a publicat elementele orbitei planetei necunoscute. La 23 septembrie al aceluiași an, J. Galle de la Observatorul din Berlin primea o scrisoare din partea lui Le Verrier în care acesta îi comunica poziția prezumată și îl ruga să caute pe cer planeta. Datorită faptului că foaia din Hărțile Academiei din Berlin care privea regiunea indicată fusese tipărită, Galle a putut să observe chiar în aceeași seară, la 52′ față de poziția comunicată, un obiect care nu figura în Hartă. În noaptea următoare, obiectul se deplasase pe o distanță suficient de mare pentru ca natura lui planetară să fie confirmată. Datorită împrejurărilor care au înconjurat-o, descoperirea noii planete, numită Neptun, a făcut senzație în rîndurile lumii științifice și ale marelui public.

Cu un an înainte, în octombrie 1845,în timp ce Le Verrier se așeza de-abia la lucru, G. Airy, directorul Observatorului din Greenwich, primea din partea lui J. C. Adams elementele orbitei ipoteticei planete perturbatoare. Fără să acorde multă încredere rezultatelor obținute de tînărul său coleg (în vîrstă, pe atunci de 26 ani), astronomul regal nu le-a comunicat și altora. El a pus, totuși să se facă cercetări asupra obiectului la Observatorul din Cambridge, începînd din iulie 1846, îndemnat poate și de o notă apărută cu o lună înainte în care Le Verrier publica niște elemente parțiale destul de apropiate de acelea ale lui Adams. Din lipsă de Hartă, astronomii de la Cambridge erau obligați să determine pozițiile stelelor în mai multe etape, pentru a le compara în scopul depistării unei eventuale mișcări a uneia din ele. Nedispunînd de destulă stăruință în această din urmă operație, au aflat de descoperirea făcută de Galle înainte de a fi constatat că posedau ei înșiși, printre cele peste 3000 de observații de stele făcute, și trei observații ale planetei Neptun.

Admas şi Le Verrier n-au participat la polemicile iscate în legătură cu paternitatea descoperirii; meritul lor este considerat drept egal. Soluţia dată de Le Verrier este mai elaborată decît aceea a lui Adams şi reprezintă mai bine mişcarea lui Uranus. Totuşi, elementele pe care le dau amîndoi pentru Neptun sînt foarte apropiate, dar foarte diferite de acelea care au fost deduse din observaţiile de mai tîrziu. Astfel, semiaxa mare care, după regula lui Titius, ar fi trebuit să fie de 39 de ori mai mare decît aceea a orbitei terestre, şi pentru care Adams şi Le Verrier dădeau respectiv cifrele de 37 şi 36, nu atinge în realitate decît valoarea 30. De fapt, datele nu conduceau decît la determinarea arcului orbitei aparente, care corespundea epocii în care Uranus suferise perturbări importante, şi nu la determinarea orbitei însăşi. Din cauză că n-au înţeles acest lucru, eminenţi oameni de ştiinţă, contemporani cu Le Verrier, au încercat să minimalizeze rolul acestuia în realizarea descoperirii. În realitate însă, partea care se datora hazardului este doar aceea de a fi făcut ca cercetările să fie întreprinse după un timp relativ scurt de la conjuncţia din 1822 dintre Neptun şi Uranus, adică într-o epocă de perturbaţii maxime.

ASTRONOMIA INVIZIBILULUI. Centrul de gravitaţie al unui sistem binar prezintă o mişcare rectilinie şi uniformă. Fiecare din stelele sistemului are o mişcare proprie, compusă din mişcarea rectilinie şi din propria ei mişcare orbitală în jurul centrului de gravitaţie. În felul acesta, existenţa unui satelit invizibil poate fi depistată prin prezenţa unei inegalităţi periodice în mişcarea aparentă a uneia din stele, inegalitate care se suprapune de altminteri peste inegalitatea anuală datorată paralaxei.

În studiile sale asupra mişcărilor proprii şi a paralaxelor, Bassel, a fost condus să analizeze ansamblul observaţiilor de precizie făcute în legătură cu două stele strălucitoare, Sirius şi Procyon. El a putut afirma, în 1844, că poziţiile acestor stele prezentau inegalităţi periodice, neînsemnate (respectiv de 2″ şi 1″), dar confirmate, care puteau fi explicate numai prin prezenţa pe lîngă fiecare din ele a unui satelit avînd o masă comparabilă cu aceea a Soarelui.

Bessel urma să moară în 1846, înainte de descoperirea planetei care îl perturba pe Uranus, în existenţa căreia crezuse printre primii, şi înainte de descoperirea sateliţilor lui Sirius şi Procyon. Pentru primul dintre aceştia, orbita precisă a fost determinată de C. Peters în 1851 şi de A. Auwers în 1862, iar obiectul însuşi a fost observat în 1862, la locul prevăzut, de către Clark în timp ce-şi încerca noul său obiectiv de 45 cm. Satelitul lui Procyon, a cărui orbită fusese dată de Auwers odată cu aceea a satelitului lui Sirius, a fost descoperit în 1896, de J. Schaeberle cu marele instrument refractor de 91 cm al Observatorului Lick. Cele două obiecte sînt stele de luminozitate slabă (clasate mai tîrziu în categoria „stelelor pitice albe"). Cu toate că orbitele relative au dimensiuni rezonabile (de 8″ şi 6″), diferenţa de zece magnitudini faţă de strălucirea stelei principale făcuse, în ambele cazuri, ca observaţia să fie dificilă.

Expresia „astronomia invizibilului", aplicată pe atunci acestui domeniu de cercetări, caracterizează impresia de cutezanță produsă de aceste lucrări la o epocă în care lumea stelară (care fusese situată tocmai atunci la o distanță de mai multe miliarde de raze terestre față de lumea noastră) începea de-abia să se deschidă studiilor teoretice. Curînd după aceea, percepția vizuală nu va mai fi decît un mijloc de investigație printre mai multe altele, astfel că separarea optică a stelelor pe care spectroscopia le făcuse să fie clasate la început drept duble, de exemplu, nu va mai stîrni nici o emoție. Descoperirea sateliților lui Sirius și Procyon rămîne de altminteri un eveniment excepțional. Cu toate că studiile moderne ale paralaxelor au dat posibilitatea să se descopere un număr mare de deplasări periodice, datorate unor sateliți invizibili, totuși nu s-a putut calcula cu certitudine decît masele a vreo zece dintre ei, și va fi nevoie de fotografie precum și de ajutorul obiectivului de 5 m de la Mount Palomar pentru ca o a treia descoperire optică să fie făcută de-abia în 1955.

MECANICA CEREASCĂ. După lucrările lui Lagrange și Laplace, devenise posibilă atacarea problemei esențiale a mecanicii cerești, adică elaborarea unei teorii a planetelor care să țină seama de ansamblul perturbărilor lor reciproce. Aceasta este opera pe care a realizat-o Le Verrier, începînd din 1846 și pînă la moartea lui, în 1877. El a analizat totalitatea observațiilor anterioare făcute asupra planetelor, a determinat masele și elementele acestora și le-a calculat tabelele. Această lucrare fundamentală i-a permis să prezinte mișcările, fără apariția unor reziduuri apreciabile de observație, dacă neglijăm cîteva excepții. Singura nepotrivire mai importantă privea planeta Mercur al cărui periheliu prezenta un avans ireductibil de 38" pe an față de mișcarea sa teoretică.

La sfîrșitul secolului, S. Newcomb a reluat studiul celor mai însemnate patru planete, analizînd peste 6000 de observații meridiane. Celebrul său memoriu *The Elements of the Four Inner Planets, and the Fundamental Constants of Astronomy*, apărut în 1895, a servit drept model pentru toate cercetările de mai tîrziu din acest domeniu. Lucrările sale au condus la adoptarea valorilor convenționale, în vigoare și astăzi, pentru constantele fundamentale.

Mișcarea inexplicabilă a periheliului lui Mercur, confirmată de altfel de Newcomb și adusă la 41" pe an, dăduse naștere la diferite ipoteze. Multă vreme a fost căutată o planetă perturbatoare „intermercurială", denumită cu anticipație Vulcan, a cărei orbită eventuală fusese calculată de Le Verrier. Este interesant de observat că, spre deosebire de alți astronomi, nici Le Verrier, nici Newcomb nu acordau prea multă importanță interpretării pe care o dădeau fenomenului. Singură teoria relativității urma să-i dea o explicație satisfăcătoare, aflînd totodată, în același fenomen, cea mai celebră verificare experimentală a ei.

Dificila teorie a Lunii a făcut obiectul unui mare număr de cercetări, ale căror etape mai însemnate sînt marcate de publicarea Tabelelor lui M. Damoiseau (1824) și ale lui P. Hansen (1857), de teoria lui G.W. Hill (1877) (care introduce axe de referință mobile și este continuată, în această privință, de

lucrările moderne), precum și de studiul lui Adams (1853) asupra mișcării perigeului. Din cauză că în această din urmă problemă, acordul dintre teorie și observație fusese spulberat, s-a iscat o controversă care s-a rezolvat în favoarea lui Adams: fracțiunea pur experimentală a acceleraţiei seculare a Lunii este provocată de variația vitezei de rotație a Pămîntului (vezi vol. II, p. 512).

Mecanica cerească teoretică, îmbogățită mai ales prin lucrările lui W.R. Hamilton asupra ecuațiilor canonice (1834) și ale lui C. Jacobi asupra reducerii sistemului de ecuaţii diferențiale la care conduce problema celor trei corpuri (1844), îi datorează lui H. Poincaré posibilitatea unei noi orientări. Din opera lui Poincaré, prea compactă pentru a putea fi analizată aici, nu vom reține decît un memoriu, publicat în 1889 și intitulat *Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique*.

În acest memoriu, care poate fi considerat ca una din culmile gîndirii matematice, Poincaré își propunea să studieze eventuala convergență a dezvoltărilor în serie folosite tradițional pentru rezolvarea ecuațiilor problemei celor trei corpuri. Plecînd de la soluțiile periodice, a căror teorie a creat-o cu această ocazie, el urma să ajungă la o concluzie neașteptată: seriile sînt divergente sau, cel puțin, nu se pot bucura de proprietatea convergenței uniforme. Pe parcurs, el descoperă existența a trei clase de soluții periodice, imaginează teoria exponenților caracteristici, introduce pentru cercetarea lor, noțiunea nouă de ecuaţie cu variaţii, descoperă existența soluțiilor asimptotice, construiește teoria invarianților integrali, elaborează primele baze ale teoriei ergodice, fără să mai punem la socoteală și alte rezultate esențiale, ca, de exemplu, dovedirea nonexistenței integralei analitice uniforme, nouă în problema celor trei corpuri, sau extinderea teoriei lui Cauchy referitoare la ecuațiile diferențiale.

Lucrările lui Poincaré, din care o parte se află grupate în *Les méthodes nouvelles de la mécanique céleste* (1892—1899) n-au fost folosite aproape de loc. Mecanica cerească a rămas în starea empirică de la începuturile ei, după cum o dovedește faptul că marele tratat al lui F. Tisserand (1889—1896) continuă să rămînă și acum lucrarea fundamentală pentru practician. Cu toate acestea, tratînd problemele în întreaga lor generalitate, Poincaré a deschis singura cale posibilă spre progres.

G. STUDII FIZICE ASUPRA SISTEMULUI SOLAR

Observarea vizuală a Lunii, a planetelor și a sateliților acestora, precum și a cometelor, a făcut obiectul unui număr foarte mare de lucrări, al căror efect asupra progresului astronomiei n-a fost prea important. Trebuie reținute în special studiile selenografice.

Hărțile lui Schröter (1791—1802), ale lui W. Beer și Mädler (1834—1837) și cele ale lui J. Schmidt (1878) au contribuit la fixarea nomenclaturii lunare. De altfel, fotografia s-a substituit rapid desenului. *L'Atlas photographique de la Lune* (1896—1910) al lui Loewy și Puiseux, executat pe baza clișeelor

obținute cu luneta ecuatorială cudată (frîntă) de 60 cm de la Observatorul din Paris, procură pentru studiul conturului lunar o documentație care continuă să fie apreciată și astăzi.

Informațiile rezultate din observația vizuală nu sînt lipsite de greșeli, astfel că studiul lor critic este greu de făcut. Printre celelalte iluzii optice, aceea privitoare la *canalele lui Marte* a rămas celebră. Secchi a fost primul care a dat, în 1859, numele de „canale" anumitor trasee rectilinii observate pe imaginea planetei. Începînd din 1877, observațiile lui Schiaparelli au atras atenția asupra acestor configurații geometrice despre originea cărora au circulat pe atunci cele mai fanteziste ipoteze. Caracterul imaginar al „canalelor" urma să fie dezvăluit de-abia prin observații făcute mult mai tîrziu după aceea.

Spectrografia a fost aplicată, în 1864, la studiul cometelor de Donati, care a constatat efectul unei luminescențe proprii a acestor corpuri, și apoi, în 1868, de Huggins care a descoperit în ele prezența unei componente hidrocarbonate.

Fotometria i-a dat, în 1860, posibilitatea lui G.P. Bond și apoi, începînd din 1865, lui Zöllner, să facă primele măsurători ale *albedo*-ului planetelor, adică a fracțiunii din lumina primită pe care suprafața lor o reflectă. Valorile obținute atunci pentru Marte, Venus și Jupiter erau supraestimate în medie cu o treime.

O STEA ETALON: SOARELE. Soarele este singura stea a cărei observație poate fi făcută la scara macroscopică. Fenomenele descoperite în Soare prezintă, de aceea, un interes capital din punctul de vedere al teoriilor asupra constituției fizice a stelelor.

Întrucît prin simple observații vizuale pot fi obținute informații importante, este destul de surprinzător că acestea nu au fost organizate în mod temeinic decît în secolul al XIX-lea. Observațiile au început prin studiul *petelor* solare. H. Schwabe, un astronom amator din Germania, a făcut, începînd, din 1826, un recensămînt zilnic al numărului petelor vizibile. În 1843, el a observat că acest număr varia în ansamblu într-un mod regulat și că părea să prezinte o perioadă de ordinul a 10 ani. Această perioadă a fost precizată de către R. Wolf din Berna și ridicată la 11,1 ani. Ea reprezintă ciclul de 11 ani, a cărui corelație cu ciclul activității magnetice terestre a fost recunoscută în 1851. Datorită folosirii *fotoheliografului*, statistica zilnică a numărului petelor și a suprafeței lor totale a început în curînd să fie ținută la zi în mod sistematic, așa cum este ținută și astăzi la observatoarele din Greenwich și Zürich.

Studiul petelor solare a fost continuat de R.C. Carrington și G. Spörer. Primul a constatat (în 1859), iar cel de al doilea a precizat că, după minimul unui ciclu, petele reapar departe de ecuatorul solar, de care se apropie apoi treptat și îl ating la minimul următor (legea lui Spörer). Carrington a arătat că perioada de rotație a punctelor suprafeței solare crește odată cu latitudinea și a dat, în 1863, legea acestei variații. El a stabilit perioada siderală a rotației ecuatorului (25,4 zile), precum și elementele de poziție ale axei de

rotaţie a Soarelui, la valori care sînt folosite convenţional şi în prezent, fapt care constituie un exemplu neobişnuit de longevitate a constantelor astronomice.

Din cauză că în timpul unei eclipse totale de Soare suprafaţa *fotosferei* (care este principala sursă de lumină) este ecranată, se pot observa şi celelalte părţi ale Soarelui, şi anume *cromosfera,* sub forma unei panglici roze şi strălucitoare din care se desprind *protuberanţele*, şi *coroana*, o aureolă alburie. Deabia în timpul eclipselor din 1842 şi 1851, vizibile în Europa, s-a hotărît să se treacă la o examinare riguroasă a fenomenului. Au fost făcute două constatări: protuberanţele emană din cromosferă, iar coroana este un element constitutiv al Soarelui (şi nu un efect aparent, datorat difuziei).

După ce fusese creată ca urmare a observaţiei Soarelui, analiza spectrală urma să permită studierea diferitelor elemente ale acestuia şi să se elibereze treptat de necesitatea de a nu interveni decît în timpul eclipselor totale, care sînt rare, localizate, şi nu durează decît cîteva minute.

În 1868, J. Janssen şi, după el, N. Lockyer au remarcat că spectrul protuberanţelor putea fi obţinut şi în afara eclipselor, printr-o dispunere convenabilă a fantei. În spectru se distingeau liniile strălucitoare ale hidrogenului, precum şi o linie galbenă, neidentificată la început. Aşa cum a remarcat Lockyer, în 1869, explorarea protuberanţei prin fantă permite să i se reconstituie structura. Sub imboldul lui Secchi, Societatea spectroscopiştilor italieni a întreprins prin această metodă studiul, de atunci permanent, al *imaginilor spectroscopice ale marginii discului solar.*

În 1869, a fost obţinut de W. Harkness şi C.A. Young, în timpul unei eclipse vizibile în S.U.A., spectrul coroanei solare. Acesta prezenta o linie verde strălucitoare, care nu aparţinea spectrului solar şi care a fost atribuită unui element simplu imaginar denumit „coroniu". Astăzi se ştie că această linie este datorată în realitate prezenţei fierului puternic ionizat. Observarea coroanei nu a devenit posibilă în afara eclipselor decît începînd din 1930.

În 1870, în timpul unei eclipse vizibile în Spania, C.A. Young a putut să observe spectrul cromosferei sub forma aşteptată de *spectru-fulger*, adică de linii strălucitoare care s-au substituit exact liniilor de absorbţie în timpul celor cîteva secunde în care fotosfera era ecranată, fără ca cromosfera să fi fost încă acoperită. Fotosfera produce în mod normal fondul continuu strălucitor, pe care liniile, întunecate prin contrast, traduc emisia cromosferică. Această emisie se produce în *stratul inversant* a cărui poziţie a fost localizată, prin observaţia lui Young, la baza cromosferei. Tot Young a scos în evidenţă grosimea redusă a acestui strat, grosime care este măsurată unghiular prin drumul parcurs de Lună în timpul scurtei apariţii a spectrului-fulger.

Spectrul cromosferei prezintă o linie galbenă, observată şi în spectrul protuberanţelor, dar care nu apare în spectrul solar. Printr-o ipoteză mai norocoasă decît aceea a coroniului, această linie a fost atribuită de Lockyer unui nou element simplu, *heliul*. Şi, într-adevăr, 25 de ani mai tîrziu, acest gaz rar urma să fie izolat în laborator.

Spectroheliografele, construite în 1891 de H. Deslandres la Meudon şi de G.E. Hale la Chicago, au permis mai întîi fotografierea protuberanţelor în

afara eclipselor. În fața plăcii fotografice, o fantă izolează o linie a spectrului protuberanței, iar prin mișcări convenabile ale obiectivului și ale plăcii se reconstituie pe placă imaginea zonei explorate. Datorită faptului că operația se face la lumină strict monocromatică, ea elimină totalitatea radiației fotosferei, dovedindu-se astfel aplicabilă fiecărei linii cromosferice. Curînd după aceea, Hale a realizat, pe baza acestui principiu, fotografii ale suprafeței complete a cromosferei. Aceste *spectroheliograme*, înregistrate regulat, au constituit de atunci încolo unul din cele mai prețioase elemente de documentare pentru studiul fizic al Soarelui.

Studiile teoretice asupra constituției Soarelui au fost foarte numeroase. Ele nu puteau da însă rezultate pozitive într-o epocă în care structura atomului era necunoscută, în care se ignorau legile radiației și în care evaluările temperaturii superficiale ale Soarelui variau între 1500 și 10 000 000°.

Originea căldurii solare a generat și ea diferite cercetări. Printre alții, Pouillet (în 1837) și apoi Violle (în 1875) au măsurat *constanta solară*, care exprimă energia primită de la Soare și care este de ordinul a două calorii mici pe minut și pe centimetru pătrat. Energia totală emisă de Soare este deci considerabilă. S-a pus atunci problema sursei acestei energii și a timpului în care urma să se epuizeze. Teoria lui Helmholtz (1854), bazată pe ipoteza unei contracții progresive a masei solare, dădea posibilitatea să se asigure emisia timp de 50 de milioane de ani. Această durată era mai lungă decît aceea la care conduceau celelalte teorii, dar rămînea prea scurtă pentru geologi. De-abia o dată cu descoperirea radiului, s-a întrezărit posibilitatea elaborării unor ipoteze mai satisfăcătoare.

Din teoria lui Faye (1865), conform căreia Soarele este considerat ca o mașină termică, partea care privea petele solare a părut plauzibilă pînă nu de mult: vîrtejuri verticale aspiră materia provenită din stratele profunde care, răcindu-se prin detentă, ia un aspect întunecat prin contrast cu restul fotosferei. Mai recent, petele sînt atribuite fenomenelor magnetice.

În ceea ce privește interiorul Soarelui, studiul pe care îl făcuse J. Homer Lane, în 1870, fusese considerat multă vreme un simplu exercițiu de calcul. Autorul considera masa Soarelui ca fiind formată dintr-un gaz perfect, în echilibru adiabatic, ipoteză care părea neverosimilă. Descoperirea stelelor gigante, în 1913, deschidea însă un cîmp de aplicație al acestei teorii. În 1924, Eddington a constatat că și Soarele verifica această teorie: în starea de ionizare intensă în care se află, materia se comportă ca un gaz perfect. Temperatura din centrul Soarelui, de 10 milioane de grade, la care a ajuns Lane prin calcule, este de ordinul de mărime admis în prezent.

■

Dezvoltarea astronomiei este strîns legată de progresul matematicii, al fizicii și chiar al chimiei. Deși analiza contribuției pe care cercetările astronomice ale secolului al XIX-lea au adus-o acestor științe iese din cadrul prezentei expuneri, este interesant poate să reamintim cîteva din incidențele ei mai îndepărtate. Funcțiile lui Bessel, construite în 1817, pentru dezvoltarea

razei vectoare Pămînt-Soare în serii de puteri ale excentricităţii, se află astăzi, sub formă de tabele, pe biroul inginerului electronist. Controlul producţiei industriale este bazat pe teoria erorilor pe care Gauss a introdus-o în *Theoria motus* (1809), fixarea fotografiilor cu hiposulfit de sodiu este un procedeu datorat lui J. Herschel (1839), iar prima manifestare a gazului care urma să servească într-o zi la umflarea camerelor de bicicletă, heliul, a fost observată în 1869, de către Janssen, într-o protuberanţă solară.

În prima jumătate a secolului, astronomii s-au evidenţiat prin descoperiri de mare răsunet: numele lui Herschel, Bessel, Le Verrier sînt, printre multe altele, universal cunoscute. Pentru cei care au avut după aceea sarcina de a strînge informaţii în folosul succesorilor, gloria s-a arătat ingrată. Cei mai iluştri dintre aceştia, ca, de exemplu, Argelander şi Pickering, sînt necunoscuţi publicului care, în legătură cu Janssen, de pildă, nu a reţinut decît evadarea acestuia, în balon, din Parisul asediat, în 1870 (cerul acoperit l-a împiedicat de altfel să observe eclipsa care îi motiva fuga). Dar nu va trece multă vreme şi prin explorarea lumii extragalactice noi descoperiri vor ilustra alte nume. Nu trebuie să uităm însă că aceste descoperiri au fost făcute posibile de cercetările perseverente ale înaintaşilor lor.

PARTEA A TREIA
ȘTIINȚELE FIZICE

După ce am studiat în capitolele precedente dezvoltarea mecanicii și astronomiei, ne rămîne acum ca, în această a treia parte a lucrării, să expunem evoluția celorlalte domenii ale științelor fizice: optica, acustica, electricitatea, magnetismul, căldura și chimia. Planul pe care îl vom urma abordează succesiv aceste diferite discipline. Forma lui tradițională și, în special, asemănarea lui cu planul adoptat în volumul precedent pentru secolul al XVIII-lea corespunde, după părerea noastră, întru totul atît deprinderilor de gîndire ale celei mai mari părți a fizicienilor secolului al XIX-lea, cît și structurii învățămîntului științific din decursul acestei perioade.

Desigur că — după cum vom vedea în multe ocazii — zonele de contact dintre diferitele discipline vor deveni din ce în ce mai numeroase, dar numai spre sfîrșitul secolului apariția și avîntul anumitor teorii noi vor avea drept consecință necesitatea unei restructurări a ansamblului științelor fizice. Secolul al XIX-lea nu va face decît să pregătească, pe numeroase căi, această reorganizare de ansamblu, care nu va putea începe însă cu adevărat decît în primii ani ai secolului nostru.

Contribuția secolului al XIX-lea în domeniul științelor fizice are o importanță considerabilă. În timp ce optica instrumentală realiza progrese deosebit de mari și lua ființă noul domeniu al analizei spectrale, teoria luminii suferea o serie de revoluții succesive, provocate de renașterea teoriei ondulatorii și apoi de elaborarea teoriei electromagnetice a lui Maxwell. De asemenea, deși disciplină oarecum minoră, acustica se dezvolta și ea pe două planuri, cel teoretic și cel experimental.

Fundamentate de fapt în secolul al XVIII-lea, magnetismul și electrostatica au continuat să se dezvolte. Inventarea pilei electrice, la începutul anului 1800, urma să inițieze însă o revoluție de o amploare și mai mare. Într-adevăr, una din realizările majore ale secolului al XIX-lea constă în elaborarea teoretică și în folosirea tehnică, aproape simultană, a diferitelor proprietăți ale noului „fluid electric". Numele lui Volta, ale lui Davy, Oersted, Ampère, Faraday, Ohm, W. Weber, Kirchhoff, W. Thomson, Maxwell, Hertz, J.J. Thomson și al lui Lorentz nu sînt decît cîteva dintre acele ale făuritorilor magnificei epopei care, extinzînd și remodelînd acest domeniu al fizicii, au pus la dispoziția umanității instrumente noi și neasemuite.

Domeniul fenomenelor termice cunoaște și el o revoluție, aproape tot atît de hotărîtoare, prin elaborarea principiilor termodinamicii și prin studiul energiei radiante, elemente noi, al căror efect se manifestă atît pe plan experimental, cît și în domeniul aplicațiilor practice. Deși primele faze ale dezvoltării mașinilor termice din secolul al XVIII-lea nu avuseseră decît puține implicații teoretice, totuși, fundamentarea, în secolul următor, a termodinamicii va stabili în acest domeniu un contact strîns între știință și tehnică.

Chimia cunoaște de asemenea o dezvoltare foarte rapidă, marcată atît prin progresele ei teoretice, cu apariția teoriei atomice moderne, cu nașterea și dezvoltarea spectaculoasă a chimiei organice, cît și prin contactele care o leagă de fizică, de științele vieții și de medicină, și prin extinderea considerabilă a chimiei industriale. Etapă capitală în evoluția științelor fizice, secolul al XIX-lea este caracterizat prin crearea și dezvoltarea rapidă a fizicii matematice, prin progrese experimentale considerabile în toate domeniile, precum și prin aplicarea directă, a ultimelor inovații teoretice, la tehnica luată în totalitatea ei. Prin acest avînt deosebit, științele fizice contribuie într-un mod din ce în ce mai eficace la revoluția industrială și tehnică, favorizînd în același timp pătrunderea crescîndă a instrumentului matematic în studiul lumii fizice.

CAPITOLUL I
Progresele opticii instrumentale

Secolul al XIX-lea a fost martorul unei dezvoltări extraordinare a opticii sub cele două aspecte ale ei, teoretic și experimental. În timp ce o succesiune remarcabilă de lucrări reînnoia chiar bazele opticii teoretice, progrese considerabile erau realizate în domeniul opticii instrumentale și experimentale. Este greu să se precizeze influențele care au jucat rolul cel mai hotărîtor în această evoluție: dezvoltarea tehnologiei, dezvoltarea matematicii, sau evoluția teoriilor. De fapt, se pare că acești factori s-au suprapus în modul cel mai rodnic, datorită cooperării, conștientă sau nu, a savanților și tehnicienilor din diferite discipline. În cele ce urmează vom încerca să trecem în revistă principalele aspecte ale dezvoltării opticii ca știință experimentală.

A. FOTOMETRIA

Începuturile acestei științe datează de pe timpul lui Pierre Bouguer care i-a pus bazele, în 1729, prin lucrarea sa *Essai d'optique sur la gradation de la lumière*. În prima parte a acestei lucrări, intitulată „Metode de măsurare a forței luminii", el arată modul în care variază iluminarea unei suprafețe în funcție de distanța ei față de sursa de lumină. Bouguer enunță și demonstrează în mod deosebit de clar că iluminarea (pe care el o numește forța luminii) variază invers proporțional cu pătratul distanței dintre sursă (corpul luminos) și suprafața iluminată. Aceasta este una din legile care stau la baza fotometriei. Cea de a doua parte, intitulată „Despre transparență și opacitate", conține legea care poartă numele autorului ei și care prevede că „în toate corpurile (atît în cele diafane [transparente], cît și în cele care sînt numite în mod obișnuit opace) slăbirea luminii trebuie să fie reprezentată întotdeauna printr-o curbă logaritmică". Bazîndu-se pe această proprietate, Bouguer compară între ele diferite surse de lumină, artificiale și naturale, și le determină intensitatea. Fotometrul a fost inventat de el în 1748, dar ceea ce a reținut atenția contemporanilor săi a fost inventarea, în același an, a heliometrului.

Secolul al XIX-lea a asistat la dezvoltarea unui număr mare de fotometre care, în majoritatea lor, foloseau ca receptor, ochiul, ceea ce le limita posibi-

lităţile de folosire doar la observarea părţii vizibile a spectrului. Fotometrele „fizice“ nu şi-au făcut apariţia decît de-abia spre sfîrşitul secolului.

Primele fotometre erau bazate pe legea lui Bouguer. Lucrările lui Malus şi ale lui Arago, de la începutul secolului al XIX-lea, care au condus la legile de variaţie a intensităţii luminii polarizate, au dat posibilitatea să se realizeze un nou tip de fotometru care nu mai depindea de legea proporţionalităţii cu inversul pătratului distanţei. Primul fotometru cu polarizare, datorat lui Arago (1883), foloseşte ca polarizor şi analizor prisme birefringente. Folosirea polarizării pentru variaţia intensităţii luminoase a fost deosebit de utilă în spectrofotometrie, unde variaţia distanţei ducea la complicaţii. Vom mai semnala, de asemenea, fotometrul lui R. Bunsen, descris pentru prima oară în 1843, care era destinat studiilor asupra acţiunii chimice a luminii.

Îmbunătăţirea continuă a fotometrelor a avut drept rezultat schimbarea etaloanelor. Lumînarea a fost înlocuită mai întîi cu lampa prezentată de Carcel în 1800. Au fost propuse, după aceea, lampa cu petrol şi cea cu pentan (1877). Congresul internaţional de electrotehnică, ţinut al Geneva în 1896, a adoptat ca etalon de lumînare zecimală lampa lui Hefner (1884) cu acetat de amil.

Dezvoltarea termodinamicii va face ca acestor etaloane incomode şi definite cu o precizie insuficientă să li se prefere, cel puţin în principiu, etalonul Violle, definit ca o baie de platină topită, aflată la temperatura de solidificare, şi apoi un etalon definit printr-un corp negru. Dificultăţile de punere la punct a acestor etaloane nu au permis însă ca acest progres important să fie concretizat decît de relativ puţină vreme.

De altfel, în decursul secolului al XIX-lea măsurările fotometrice s-au lovit de dificultăţi incontestabile de diverse naturi, care, însă, priveau chiar principiul acestei tehnici. Odată cu progresul analizei spectrale, noţiunea de „lumină albă“, de exemplu, considerată pînă atunci ca bine precizată, a apărut în întreaga ei complexitate. Extinderea spectrului, intervenţia legilor termodinamicii şi a teoriei electromagnetice a luminii, complexitatea problemelor fiziologice ale vederii au scos la iveală şi alte dificultăţi, de asemenea fundamentale, care au condus la reconsiderarea în întregime a problemei fotometriei, cu scopul de a se încerca definirea diferitelor ei aspecte.

B. ANALIZA SPECTRALĂ

ORIGINILE SPECTROSCOPIEI. Producerea spectrelor luminoase cu ajutorul prismelor de sticlă era cunoscută cu mult înainte ca Newton să-i fi precizat condiţiile experimentale şi să fi explicat acest fenomen de „dispersie“ prin refractarea diferită a radiaţiilor care compun lumina albă (a se vedea vol. II, p. 332). În secolul al XVIII-lea, construcţia primelor obiective acromatice a dus la o îmbunătăţire a materialului folosit şi la o cunoaştere mai precisă a fenomenului dispersiei. În afara luminii „albe“ a Soarelui, au fost analizate sumar şi altfel de lumini. În 1752, Th. Melvill a observat că spectrul flăcării de alcool cu adaos de clorură de sodiu nu prezenta decît culoarea galbenă.

Între timp, obiectul esențial al studiilor rămăsese tot spectrul solar. Înnegrirea anumitor săruri de argint (cloruri și azotați) în timpul expunerii lor la lumină era cunoscută de multă vreme. Numeroși experimentatori, printre care H. Schulze în 1727 și apoi, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, Charles Wedgwood, Davy și Ritter, au încercat să reproducă pe această cale imaginile obținute în camera neagră, fără să obțină însă decît rezultate mediocre și trecătoare. În 1777, Scheele a arătat că acțiunea chimică a radiațiilor spectrului crește pe măsura deplasării de la roșu spre violet.

PRIMELE EXTINDERI ALE SPECTRULUI. Observarea spectrului solar a oferit, la începutul secolului al XIX-lea, o serie de fapte noi, de cea mai mare importanță. În 1801, William Herschel, căutînd să desăvîrșească experiențele încercate de unii fizicieni ai secolului al XVIII-lea, a studiat proprietățile termice ale spectrului cu ajutorul unui termometru foarte sensibil și a arătat că încălzirea se mărea pe măsura îndepărtării de violet, pentru a atinge un maxim dincolo de marginea roșie a spectrului vizibil. În fața acestei observații cu totul neașteptate, W. Herschel a făcut următoarea remarcă foarte justă:

„În filozofia naturală [adică în fizică] este foarte util cîteodată să te îndoiești de lucrurile considerate ca incontestabile, mai ales fiindcă mijloacele de înlăturare a oricărei îndoieli, atunci cînd aceasta există, sînt adesea la îndemîna noastră". („Philosophical Transactions", 1800, p. 255).

Herschel s-a gîndit că acest fenomen se datora unei radiații invizibile pe care a identificat-o cu căldura radiantă, studiată mai înainte de Newton și Lambert[1]. El a arătat că aceste raze sînt reflectate și refractate ca și lumina vizibilă, fapt confirmat de Saussure și Pictet în 1803. J. Bérard, în 1814, și T.J. Seebeck, între 1815 și 1824, au făcut un studiu mai amănunțit al acestei radiații, studiu care a fost reluat, începînd din 1835, de M. Melloni cu ajutorul unui receptor mult mai sensibil, și anume cu cuplul termoelectric, inventat de Nobili în 1833. Importantele rezultate obținute de Melloni au fost reunite într-o lucrare cu următorul titlu sugestiv: *La termocrosi o la colorazione calorifica*. Proprietățile acestei radiații au mai fost studiate și de J. Herschel (existența zonelor mai puțin active, 1840), de Forbes și Knoblauch (polarizarea), de Foucault și Fizeau (interferența, 1847), de Mouton (măsurarea lungimilor de undă, 1879) etc. În 1881, S.P. Langley a inventat un receptor și mai sensibil, bolometrul. Acesta este un circuit electric cuprinzînd un fir de platină foarte fin (la început, un fir de fier) a cărui temperatură, deci și rezistență, cresc sub acțiunea radiației; un galvanometru sensibil permite măsurarea variațiilor de curent în funcție de variațiile de temperatură. Chiar în aceeași vreme, continuitatea dintre lumina vizibilă și radiația infraroșie este dovedită prin folosirea plăcilor fotografice de mare sensibilitate.

În 1801, fizicianul german J. Ritter, proiectînd un spectru solar pe o placă acoperită cu azotat de argint, a observat că înnegrirea se extindea și dincolo de spectrul vizibil, în partea dinspre violet. Această nouă extindere a spectrului, stabilită cu precizie de Th. Young și de W. Wollaston, în 1811, și apoi

[1] A se vedea și studiul lui G. Allard (pp. 297—302).

de Bérard, în 1814, a fost confirmată experimental prin fotografiere, ceea ce a demonstrat continuitatea dintre această radiație și lumina vizibilă. Paralel cu dezvoltarea fotochimiei și a aplicațiilor ei biologice[2], progresele teoretice au permis și ele atașarea definitivă a ultravioletului la spectrul vizibil.

Deși bănuită de anumiți fizicieni încă de la primele observații ale lui W. Herschel și J. Ritter, unitatea spectrului a fost combătută cu ardoare de alții care refuzau să identifice aceste radiații invizibile (infraroșii și ultraviolete) cu lumina colorată, singura care acționa asupra ochiului. Teoria ondulatorie a luminii a dat posibilitatea explicării acestei unități, atribuind fiecărei radiații o anumită lungime de undă: între 0,8 și 0,4μ pentru radiațiile vizibile de la roșu la violet; peste 0,8μ infraroșii, iar sub 0,4μ, ultraviolete.

În cea de a doua jumătate a secolului, Maxwell a venit cu o interpretare nouă, în timp ce aveau loc și confirmări experimentale hotărîtoare. Cîțiva ani mai tîrziu, lucrările lui Hertz vor iniția noi extinderi ale domeniului radiațiilor electromagnetice.

ÎNCEPUTURILE SPECTROSCOPIEI. Paralel cu aceste cercetări însă, spectrul vizibil era el însuși obiectul unui număr mare de lucrări care au condus la apariția unei noi ramuri a fizicii, spectroscopia. În 1802, după cîteva luni de la observațiile lui W. Herschel și ale lui J. Ritter, W. Wollaston a observat în spectrul solar prezența a numeroase linii negre pe care nu și le-a putut explica și a căror importanță nu a apreciat-o.

Un optician din München, Joseph von Fraunhofer (1787—1826), a contribuit într-o foarte mare măsură la progresul studiului spectrelor, inventînd cele două principale tipuri de aparate de observație utilizate de atunci încoace și aducînd numeroase rezultate foarte importante. Așezînd, înaintea prismei folosite ca instrument dispersiv, un colimator și observînd spectrul obținut cu ajutorul unei lunete de teodolit, el a construit primul spectroscop. Fraunhofer a mai inventat și alte aparate de dispersie, cum sînt rețelele de difracție constituite dintr-un ansamblu regulat de fante (sau de benzi reflectante) și din intervale opace juxtapuse în mod regulat. El a lucrat cu ajutorul unor fire subțiri întinse între două plase de linii paralele și apoi cu ajutorul unor rețele de sticlă (4000 de linii pe o lățime de 1,2 cm). Teoria funcționării rețelelor, bazată pe interferența dintre razele transmise (sau reflectate) de intervalele succesive, a fost schițată de Young pe baza teoriei ondulatorii. Fraunhofer a avut astfel posibilitatea ca, începînd din 1815, să reia studiul spectrului solar. El a observat 576 de linii negre, pe care le-a individualizat, denumind pe cele principale — regăsite de el în spectrul luminii solare reflectate de Lună și de Venus — prin literele A, B,..., a, b, ... Măsurînd lungimile de undă ale acestor linii cu o precizie de ordinul 1/1000, el a constatat că linia neagră D ocupă aceeași poziție ca și linia galbenă a sodiului, fără să-și poată explica însă acest fapt. Fraunhofer a mai studiat și alte numeroase spectre, observînd în special existența liniilor strălucitoare în spectrele obținute cu ajutorul arcului electric.

[2] A se vedea în special despre acest subiect studiul lui J. F. Leroy (pp.477—478).

Progresele experimentale realizate de Fraunhofer și rezultatele importante pe care el le-a obținut i-au antrenat pe numeroși fizicieni spre studiul spectrelor celor mai diferite. În timp ce aparatele de dispersie erau perfecționate mereu (primul spectroscop modern a fost construit în 1856, de Meyerstein), se acumulau rezultate numeroase și variate, fără ca fenomenul în sine să fi putut fi înțeles în mod limpede.

În 1822, Brewster, lucrînd la perfecționarea dispozitivului folosit de Melvill a inventat „lampa monocromatică" cu alcool și clorură de sodiu. În același an, J. Herschel descrie spectrele obținute prin introducerea în flacăra de alcool a unor săruri metalice în stare pulverulentă și observă „că, în numeroase cazuri, culorile astfel comunicate flăcării, de aceste diverse baze, constituie un mijloc sigur și comod pentru descoperirea lor chiar în cantități mici". Principiul, stabilit pe această cale, al identificării corpurilor cu ajutorul spectrelor lor, a fost confirmat de Talbot, în 1834, pentru cazul stronțiului și al litiului.

Numeroși experimentatori au studiat spectrele produse de flăcări și de arcuri, ca și cele ale Soarelui, planetelor și stelelor[3]. Pe cînd Wheatstone socotea că liniile spectrului, produse de arcul electric, nu depind decît de natura electrozilor (1835), Mason (1851) nota existența unor linii comune diferitelor spectre. În 1853, Ångström a arătat că liniile spectrale provin din gazul în masa căruia se produc scînteile. În timp ce numeroși fizicieni se străduiau în zadar să explice liniile de emisie și liniile de absorbție prin interferență, Foucault recurgea, în 1849, la fenomenul de absorbție, aplicîndu-l însă numai la cazul liniei D.

ANALIZA SPECTRALĂ. Inventarea tuburilor lui Geissler a reînnoit interesul pentru spectroscopie, astfel că, începînd din 1856, observațiile asupra spectrelor gazelor rarefiate se înmulțesc cu repeziciune. O explicație de ansamblu, satisfăcătoare, este dată, în sfîrșit, în octombrie 1859, prin memoriul publicat în „Monatsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Berlin" intitulat *Despre liniile lui Fraunhofer* și semnat de Gustav Kirchhoff (1824—1887), profesor de fizică la Heidelberg, precum și de chimistul Robert W. Bunsen (1811—1899). În acest memoriu se găsesc în germene toate principiile analizei chimice bazată pe observarea spectrelor. Autorii arată că fiecare linie a spectrului se datorește prezenței unui element dat (și invers), reușind totodată să explice fenomenul pînă atunci misterios, al inversării liniilor spectrale[4]. Analizei spectrale i se puseseră bazele[5]. Primele ei succese au fost descoperirea, în anul 1861, cu ajutorul spectrelor, a două metale noi, cesiul și rubidiul, numite astfel după liniile lor albastră și, respectiv, roșie. Au urmat apoi și alte descoperiri: taliul (Crookes, 1861), indiul (Reich și Richter, 1863), galiul (Lecoq de Boisbau-

[3] Aplicațiile astronomiei sînt studiate de J. Levy (pp.137—138, 156—157, 162—165).
[4] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui G. Allard (pp. 298—299).
[5] Publicarea lucrărilor lui Kirchhoff și Bunsen a fost urmată de proteste vehemente din partea lui Ångström, a fizicienilor francezi în favoarea lui Foucault, precum și din partea altora în favoarea lui Stokes, Talbot ș.a. Chiar dacă am socoti că această descoperire era, în stare potențială, în mintea unui număr mare de fizicieni, meritul revine totuși lui Kirchhoff și lui Bunsen, singurii care au enunțat-o în mod precis și general.

dran, 1875), heliul (descoperit în spectrul solar în 1866). În timpul acesta, Huggins se ocupa de identificarea principalelor linii ale spectrului solar şi se elaborau numeroase lucrări în legătură cu analiza spectrelor[6], sau cu caracterizarea şi clasarea principalelor tipuri de spectre observate (spectre de benzi, spectre de flacără, spectre de arc, spectre de scînteie).

Acestui avînt al analizei spectrale îi corespunde o perfecţionare constantă a aparatelor folosite: spectroscoape şi reţele. Germanul F. A. Nobert, constructor de micrometre pe sticlă destinate măsurării grosismentului microscoapelor, a fabricat, în jurul anului 1850, reţele conţinînd 6 000 de linii pe 2,5 cm (puterea de rezoluţie a unei reţele depinde de lăţimea suprafeţei striate, precum şi de numărul liniilor). Importante progrese au fost realizate după aceea în S.U.A., unde L.M. Rutherfurd a construit, în 1870, prima reţea avînd o putere de rezoluţie egală cu a celor mai bune prisme: conţinea 35 000 de linii trase cu diamantul pe o oglindă metalică lată de 5 cm. La sfîrşitul secolului al XIX-lea, H.A. Rowland a construit reţele late de 15 cm conţinînd 100 000 de linii. El a folosit şi reţele trasate pe oglinzi concave şi a fotografiat cu ajutorul lor, în 1897, spectrul solar, numărînd peste 20 000 de linii spectrale.

PRIMELE FORMULE SPECTRALE. Numeroasele studii asupra spectrelor, realizate înainte de apariţia lucrării lui Kirchhoff şi Bunsen, au fost reconsiderate în lumina noilor principii. Folosind o reţea Nobert, fizicianul suedez Anders Jonas Ångström a determinat, pentru peste 100 de linii ale spectrului solar, lungimile de undă corespunzătoare. Lucrarea sa, *Cercetări asupra spectrului solar* (Uppsala, 1868) a servit ani îndelungaţi ca lucrare de referinţă. Numele lui a fost adoptat pe linie internaţională, în 1905, pentru a denumi unitatea de lungime cel mai frecvent folosită în spectroscopie (1 angstrom (Å) $= 10^{-7}$mm). Mai trebuie citate deopotrivă şi lucrările lui J. Plücker, W. Hittorf, G.J. Kayser, C. Runge, C. Exner ş.a.

Atunci cînd Mendeleev a publicat, în 1869, clasificarea sa periodică a elementelor, s-a constatat că fiecare element avea un spectru cu atît mai complex, cu cît numărul lui din clasificare era mai mare. Studiul precis al liniilor hidrogenului, observate de Ångström, prezenta din această cauză un interes cu totul deosebit. Numeroşi fizicieni admiteau că trebuia să existe o formulă care să permită corelarea lungimilor de undă corespunzătoare acestor linii; J. Dewar şi A. Cornu au făcut în zadar cercetări îndelungate ca s-o descopere. De-abia în 1885, fizicianul elveţian J.J. Balmer a reuşit să stabilească empiric că lungimile de undă λ, corespunzătoare celor nouă linii cunoscute pe atunci ale acestui gaz, sînt date de formula $\lambda = h\frac{m^2}{m^2-4}$, în care constanta h este egală cu 3645,6Å, iar m este un număr întreg mai mare decît 2. Această formulă a fost verificată cu o foarte mare precizie, iar observaţiile recente au determinat liniile corespunzătoare primilor ei 31 de termeni. În lucrarea sa, *Cercetări privind compoziţia spectrelor de emisie ale elementelor chimice* (Stockholm, 1890), J. Rydberg a extins această formulă şi la alte elemente, înlocuind lungimea

[6] A se vedea studiul lui J. Levy (pp. 155—156.)

de undă λ prin inversul ei $\bar{\nu}$, sau numărul de unde. El a putut reprezenta astfel fiecare serie spectrală prin diferența a doi termeni de forma $R/(n-C)^2$, în care R este o constantă universală (constanta lui Rydberg = 109 677,7 cm^{-1}), C o constantă care depinde de seria considerată, iar n un număr întreg care variază cu fiecare linie. Spectroscopiștii germani Kayser și Runge au folosit în tratatele lor formule asemănătoare. În 1908, Ritz a generalizat această formulă cu ajutorul principiului de combinație, stabilit de el. Primele încercări de explicare teoretică, bazate pe noile ipoteze asupra structurii atomice, nu au fost făcute însă decît cîțiva ani mai tîrziu.

EFECTUL DOPPLER-FIZEAU. În 1842, fizicianul austriac Christian Doppler a demonstrat existența unui fenomen care, redescoperit în 1848 de Fizeau, urma să cunoască numeroase și importante aplicații, mai ales în astrofizică. Efectul Doppler (sau Doppler-Fizeau) constă în variația aparentă a frecvenței unui sistem de unde întreținute, fie sub acțiunea mișcării sursei de unde, fie sub acțiunea mișcării observatorului în raport cu mediul de propagare. Aceste două aspecte sînt de natură diferită, fiindcă unul modifică lungimea de undă, iar celălalt produce o modificare a vitezei aparente. Totuși, pentru viteze reduse, ele pot fi asimilate într-o primă aproximație.

Huggins a aplicat acest efect încă din 1868 la măsurarea vitezei radiale a lui Sirius, însă formula fundamentală nu a fost verificată experimental decît în 1914, de Fabry și Buisson.

C. INSTRUMENTELE OPTICE

Teoria modernă a opticii geometrice, fundată de Kepler în 1604 (vol. II, p. 321), nu fusese aplicată decît la instrumentele cele mai simple. Progresele considerabile, realizate în secolul al XIX-lea, urmau să dea calculului matematic posibilitatea să ocupe un loc important în studiul, construcția și perfecționarea instrumentelor optice din ce în ce mai complexe. În timp ce lucrările lui Malus (1808), Gauss (1838—1841), Möbius, Listing (1845) puneau bazele teoriei aproximative a sistemelor centrate, studiile de optică fiziologică, dominate de opera profundă a lui Helmholtz, dădeau posibilitatea să se cunoască mai bine funcționarea ochiului și să se fixeze locul problemei, atît de complexă, a percepției vizuale. De altfel, în timp ce tehnica lentilelor optice se perfecționa, opticieni de mare talent, ca Petzval și E. Abbe, îmbinînd studiul teoretic cu experiența, realizau instrumente din ce în ce mai puternice, mai precise și mai comode. Științele de observație profitau toate, din plin, de punerea la punct a noilor instrumente, precum și de extinderea rapidă a aplicațiilor unei noi tehnici: fotografia.

ÎNCEPUTURILE ȘI PRIMELE APLICAȚII ALE FOTOGRAFIEI. Numeroase cercetări asupra efectelor chimice ale luminii, întreprinse la începutul secolului al XIX-lea, erau îndreptate spre reproducerea imaginilor care apăreau pe fața posterioară a unei camere obscure.

Gîndindu-se în special la aplicațiile la litografie, inventatorul francez Nicéphore Niepce a procedat la un studiu sistematic al tuturor corpurilor sensibile la acțiunea luminii. În mai 1816, el a reușit să fixeze parțial imagini formate pe hîrtie acoperită cu clorură de argint. Însă din cauza slabei calități a rezultatelor obținute, el a experimentat și alte numeroase produse sensibile și suporturi, ameliorînd în același timp imaginile prin inventarea diafragmei cu iris.Folosind o placă acoperită cu bitum de Iudeea, el a obținut, în 1826, după o expunere de 8 ore, prima fotografie adevărată — adică prima imagine obținută în camera obscură pe o suprafață sensibilă la lumină și permanentizată — pe care a putut să o reproducă prin heliogravură.

Fiindcă nu reușise să-și exploateze invenția, Niepce s-a asociat în 1829 cu pictorul Louis Daguerre. Acesta din urmă, după moartea lui Niepce survenită în 1833, a pus la punct un nou procedeu, daghereotipia. Folosind ca suport sensibil o placă de argint acoperită cu iodură de argint, Daguerre developa și fixa cu vapori de mercur imaginea latentă obținută, eliminînd resturile de iodură de argint într-o soluție de hiposulfit de sodiu. În 1839, Arago a obținut aprobarea ca guvernul francez să cumpere această invenție în schimbul unei rente viagere acordată lui Daguerre și fiului lui Niepce. Intrată în domeniul public, daghereotipia a cunoscut de atunci un succes rapid. În cîțiva ani, această „tehnică de laborator", care nu dădea decît o singură imagine greu de conservat, s-a transformat într-un procedeu simplu și puțin costisitor. Englezul Talbot, îmbunătățindu-și rezultatele pe care le obținuse încă din 1835, a realizat un negativ pe hîrtie, pe baza căruia se puteau scoate probe pozitive (calotipia). Această metodă a fost perfecționată prin punerea la punct a negativului pe o placă de sticlă acoperită cu albumină (Niepce de Saint-Victor, 1847) și apoi prin înlocuirea albuminei cu colodiu și gelatină, prin folosirea peliculei de celuloid etc.

Obținerea de straturi sensibile din ce în ce mai rapide a permis curînd realizarea de instantanee. Această ultimă tehnică i-a dat posibilitatea astronomului Jules Janssen să obțină, în timpul trecerii la meridian a planetei Venus, în anul 1874, o serie continuă de fotografii pe baza unui procedeu care, perfecționat mai tîrziu de americanul E. Muybridge și de francezul J. Marey, trebuia să prevestească invenția cinematografiei la sfîrșitul secolului.

După cîteva încercări efectuate de Niepce de Saint-Victor în 1851, Ch. Cros și L. Ducos du Hauron au realizat, în 1868, fotografia în culori pe baza unui procedeu tricromatic. În 1893, G. Lippmann a pus la punct o metodă foarte originală care i-a adus premiul Nobel în 1908. Procedeul se bazează pe formarea în masa peliculei fotografice a unor straturi foarte subțiri de argint redus,

distanțate între ele cu o jumătate de lungime de undă, și datorate undelor staționare reflectate de o oglindă de mercur pe care este plasat stratul sensibil. În lumina reflectată se vede culoarea corespunzătoare undei care a impresionat pelicula. Cu toate calitățile lui superioare, acest procedeu a fost înlocuit cu altele care sînt mai ușor de utilizat.

Încă de la apariția ei, placa fotografică s-a dovedit a fi nu numai un prețios receptor de lumină, ci și un instrument fără egal de investigație științifică. În 1842, E. Becquerel în Franța și J.W. Draper în S.U.A. fotografiau spectrul solar, stabilind existența liniilor Fraunhofer în ultraviolet. Folosirea substanțelor refringente speciale și a straturilor active mai rapide și sensibile la benzi largi de radiații a permis spectroscopiei să progreseze cu pași mari.

Astronomia a profitat și ea de aceste tehnici noi, la perfecționarea cărora a contribuit de altminteri foarte activ. Tot ea a adaptat fotografia la instrumentele de observație, reducînd astfel treptat rolul observațiilor vizuale. Soarele a fost fotografiat pentru prima dată de Foucault și Fizeau în 1845; Luna a fotografiat-o Bond în 1850; fazele succesive ale unei eclipse de Soare le-a fotografiat W. De la Rue în 1860 etc.[7].

Folosite fie direct, fie adaptate pentru examenul microscopic, fie, în fine, folosite spre sfîrșitul secolului la analiza mișcării, procedeele fotografice au reînnoit ansamblul științelor de observație, oferind mijloace de examinare obiective și cu mult mai puternice decît observația directă cu ochiul.

PERFECȚIONAREA OBIECTIVELOR FOTOGRAFICE. Dezvoltarea fotografiei a atras după sine perfecționarea obiectivelor fotografice. Lentila simplă, neacromatizată, a fost folosită la camera obscură cu mult înainte de descoperirea fotografiei. Primele daghereotipii au fost obținute cu un obiectiv simplu construit de C.L. Chevalier (1830), acromatizat parțial, format din două lentile lipite, una din sticlă flint, iar cealaltă din sticlă crown. Tipul acesta de lentilă a fost adus la forma actuală de către T. Grubb (1857), în timp ce J.H. Dalmeyer (1865) a ridicat la trei numărul lentilelor lipite. Timpii de expunere ai daghereotipiei erau foarte lungi, din cauză că obiectivele folosite erau puternic diafragmate pentru ca imaginea dată de obiectiv să nu fie prea afectată de aberații. J.M. Petzval, profesor la Universitatea din Viena, a fost primul optician care a început să construiască obiective pe bază de calcule prealabile, nu numai pe bază de tatonări. Obiectivul pentru portrete al lui Petzval, calculat în jurul anului 1840, mai este folosit și astăzi, mai mult sau mai puțin modificat, de către numeroși portretiști. Cu toate acestea, cam prin 1850, fotografii nu dispuneau încă decît de obiectivul simplu și de obiectivul pentru portrete. Pe la 1860, C.A. Steinheil a realizat obiectivele sale aplanate, obiective cu cîmp vizual larg și cu corecție de distorsiune, potrivite deci pentru fotografia arhitecturală și pentru reproducerea documentelor. Principiile de corectare a unui alt defect grav al obiectivelor fotografice, astigmatismul, fuseseră stabilite în 1843 de către Petzval. Din nefericire, nici una din tipurile

[7] Aplicațiile fotografiei în astronomie sînt studiate de J. Lévy (pp. 140—141)

de sticlă care stăteau pe atunci la dispoziția opticienilor nu dădeau posibilitatea satisfacerii condițiilor puse[8].

Către sfîrșitul secolului, apariția unor noi tipuri de sticlă i-a dat posibilitatea lui P. Rudolph să realizeze, sub imboldul lui E. Abbe, „anastigmatele" (1890). Acest fapt marca nașterea obiectivelor moderne.

MICROSCOPUL. Cu toate că J. Dollond realizase încă din 1757 obiective de lunetă acromatice[9], cu aberația de sfericitate corectată prin combinarea unor lentile din sticlă crown și din sticlă flint de curbură convenabilă (a se vedea vol. II, pp. 507 și 528), totuși primele obiective acromatice de microscop nu au fost fabricate decît cu 50 de ani mai tîrziu, de către olandezul H. van Deyl, ca o consecință a dificultăților întîmpinate la șlefuirea lentilelor mici. Aceste obiective aveau, de altfel, grosismente destul de reduse (între 70 și 80 X) din cauza aberațiilor geometrice. Opticianul francez C. Chevalier a adus și el diferite perfecționări. Italianul Amici a arătat că nu este nevoie să se acromatizeze separat fiecare lentilă a obiectivului, atunci cînd aberațiile individuale se compensează. Așa s-a tras concluzia că un obiectiv de microscop putea să cuprindă mai mult de două sau trei lentile. Într-adevăr, anumite obiective moderne cuprind chiar mai mult de șase lentile.

Încetul cu încetul, experiența a arătat că trebuie să existe o relație între puterea de separare și unghiul de deschidere. Amici și J.J. Lister, unul din fondatorii lui Royal Microscopical Society, s-au străduit să mărească unghiul de deschidere al obiectivelor. Urmașii lor au manifestat o tendință de exagerare în această privință, producînd astfel o creștere importantă a aberațiilor marginale. Cam prin 1850, Amici a introdus imersia în apă, datorită căreia a putut să atingă unghiuri de deschidere mai mari decît cu sistemele uscate. R. Hooke observase încă din 1678 microorganisme în apă, cu un microscop simplu a cărui lentilă atingea suprafața apei, dar crezuse că ameliorarea imaginii se datorează faptului că contactul lentilei cu apa făcea să dispară o suprafață refringentă.

Începînd din 1866, fabricantul de microscoape Carl Zeiss a reușit să-l intereseze în problemele lui pe Ernst Abbe care a studiat în mod aprofundat formarea imaginilor în microscop. Abbe a recunoscut importanța unghiului de deschidere și a introdus noțiunea de deschidere relativă. Urmarea logică a acestor cercetări a fost dezvoltarea imersiei omogene. În 1833 a fost realizat primul obiectiv apocromatic, cu o foarte bună corecție a aberației de sfericitate pentru toate culorile. Din acest obiectiv derivă cele mai bune obiective actuale.

[8] Obținerea de sticle optice cu proprietăți bine definite este de o importanță capitală în realizarea instrumentelor optice. Este interesant de observat faptul că industria modernă a sticlei optice din Franța, Germania și Anglia are la origine o aceeași persoană: P. L. Guinand (1745—1825), născut în Elveția, care devine asociatul lui Fraunhofer în Bavaria. Fiul său, H. Guinand, a fundat în Franța, în 1827, marea fabrică de sticlă optică, cunoscută astăzi sub numele de Parra-Mantois. Un asociat al lui H. Guinand, G. Bontemps, a părăsit Franța în 1848 și s-a stabilit în întreprinderea lui Chance, mare fabricant englez de sticlă optică, care a putut să lucreze începînd de atunci după procedeele lui Guinand.

[9] Evoluția lunetelor și a telescoapelor este studiată de J. Lévy (pp. 134—137).

D. POLARIZAREA ȘI DISPERSIA

FENOMENELE DE POLARIZARE. Lumina polarizată și-a făcut apariția în optică la începutul secolului al XIX-lea. Încă din 1669, E. Bartholin observase dubla refracție a luminii în spatul de Islanda, fenomen a cărui teorie a fost abordată de Huygens în *Traité de la lumière* (1690). Pînă la începutul secolului al XIX-lea nu s-a observat că „polarizarea" era însoțită și de reflexia luminii. E.-L.Malus a fost primul care a observat, în 1808, fenomenul polarizării prin reflexie. Începînd de atunci, folosirea luminii polarizate a început să ia avînt. Primul polarizor a fost realizat în 1828 de W. Nicol, iar teoria lui a fost elaborată, în 1838, de M. Spassky. Practic, toate aparatele de acest fel, utilizabile în partea vizibilă a spectrului, au fost realizate în secolul al XIX-lea: citățm, cu titlul de exemple, polariscopul lui A. Scebeck (1830), cleștele cu turmalină al lui J. Müller (1835), introducerea compensatorului de către Babinet (1841) și polarizorul lui Nörrenberg (1858).

Posibilitățile de utilizare a luminii polarizate sînt numeroase. În 1811, Arago a descoperit faptul că o lamă de cuarț, perpendiculară pe axa optică, acționează asupra luminii polarizate, dar J. Biot (1812) a fost acela care a remarcat că această acțiune, numită polarizare rotatorie, consta, în cazul unei lumini monocromatice, dintr-o rotație a vibrației luminoase, și care a stabilit legile fenomenului [10]. Cristalele de cuarț se împart în două categorii, după sensul acestei rotații: dextrogire și levogire. Tot Biot a descoperit, în 1815, existența unor lichide ce produc rotația vibrației luminoase care le traversează: substanțe pure, ca de exemplu esența de terebentină și esența de lămîie, substanțe dizolvate într-un solvent inactiv, cum este apa, sau unele substanțe solide, ca de exemplu zahărul din trestie sau acidul tartric. El a mai stabilit de asemenea că rotația produsă de un lichid pur sau de o soluție de concentrație dată este proporțională cu grosimea stratului de lichid traversat și a introdus obiceiul, păstrat și astăzi, de a caracteriza acțiunea unui lichid sau a unei soluții prin mărimea rotației produse de o coloană de 1 dm. Teoria fenomenelor de polarizare rotatorie a fost expusă de Fresnel în 1825.

Cea mai importantă descoperire, după cea a lui Biot, a fost descoperirea lui Pasteur care a arătat, în 1848, că acidul tartric poate exista sub două forme care produc rotații egale în valoare absolută, dar de sensuri opuse, și a atribuit acest fenomen asimetriei moleculei. Lucrările lui Pasteur, completate mai tîrziu cu lucrările lui Le Bel și Van't Hoff, au dovedit utilitatea pe care o prezintă determinarea puterii rotatorii pentru studiul structurii compușilor organici.

[10] Problemele de optică cristalină sînt studiate de J. Orcel (pp. 361—364).

PROPRIETĂȚILE OPTICE ALE METALELOR. Aceste proprietăți au reținut atenția fizicienilor secolului al XIX-lea. Cauchy a elaborat o teorie a fenomenelor de dispersie (variația indicelui de refracție al unei substanțe cu lungimea de undă a luminii) și a izbutit să dea o formulă referitoare la corpurile transparente, care a fost verificată într-un număr mare de cazuri. Tot Cauchy a introdus apoi indicii de refracție complecși pentru a explica reflexia metalică. J.-C. Jamin, un pionier al cercetărilor experimentale asupra reflexiei metalice, a dovedit că formulele lui Cauchy reprezentau destul de bine rezultatele măsurărilor. El a fost acela care a descoperit că indicele de refracție al argintului trebuie să fie mai mic decît unitatea. Acest rezultat, care părea să nu fie în acord cu stabilitatea mediului din interiorul metalului, a dat naștere la multe discuții contradictorii. A Kundt a reușit însă să confecționeze prisme metalice suficient de subțiri pentru ca să poată fi traversate de lumină, confirmînd astfel afirmațiile lui Cauchy.

E. VITEZA LUMINII

Progresele realizate de optica instrumentală în secolul al XIX-lea au fost folosite pentru studierea vitezei luminii c. Lucrul acesta era foarte important, fiindcă ar fi facilitat o alegere între cele două teorii asupra luminii care își împărțeau pe atunci sprijinul savanților: teoria emisiunii și teoria ondulatorie.

„De mulți ani încoace, două sisteme rivale aspiră să explice fenomenele luminoase. Dintre aceste fenomene, unul din cele mai simple și mai evidente, refracția, rezultă din două acțiuni opuse din partea corpurilor, după cum încercarea de interpretare se face cu ajutorul primei sau al celei de a doua teorii. După sistemul emisiunii, schimbarea de direcție a luminii s-ar datora unei accelerații pe care aceasta ar suferi-o la intrarea în mediul refringent. După sistemul ondulatoriu, această schimbare de direcție ar trebui să coincidă cu o micșorare a vitezei de propagare a principiului luminos“ (L. Foucault, în „Annales de chimie et de physique“, tom. 41, 1853, p. 129).

Arago a sugerat, în 1838, după Wheatstone, ideea folosirii unei oglinzi rotative pentru stabilirea diferenței dintre viteza luminii în aer și viteza acesteia în apă. În 1850, Léon Foucault, care îmbunătățise sistemul prin adăugirea unei oglinzi concave, a descris cum a determinat viteza luminii în aer și cum a comparat vitezele ei în aer și apă. Metoda lui consta în determinarea unghiului cu care se rotește o oglindă m, aflată în rotație rapidă, în timpul în care o rază luminoasă străbate, la ducere și la întoarcere, o distanță de cîțiva metri dintre m și o oglindă fixă M care o reflectă înapoi pe oglinda m. Concluzia lui Foucault este clară: „Lumina se mișcă mai repede în aer decît în apă“.

În 1849 H.-L.Fizeau a măsurat pe c cu ajutorul unei roți dințate.

Principiul metodei este descris în fig. 1. L este o sursă luminoasă cît mai mică posibil. După reflexie pe oglinda semitransparentă P, imaginea lui L, formată pe o primă lentilă, este proiectată pe roata dințată R. Atunci cînd roata se învîrteşte, intervalele cuprinse între dinţii roţii sînt traversate de scurte sclipiri luminoase care se reflectă pe o oglindă S aşezată la 8633 m (experienţa a fost făcută între Suresnes şi Montmartre). Înainte de a ajunge la ochiul observatorului, lumina reflectată din S trebuie să treacă din nou prin intervalul liber dintre doi dinţi, precum şi prin P. Dacă între ducerea şi înapoierea luminii, din R în R, locul unui spaţiu liber este luat de un dinte, observatorul nu va vedea decît în întuneric. Cunoscînd viteza de rotaţie a roţii (12,68 rot/s), numărul dinţilor roţii (720) şi distanţa parcursă de lumină (2×8633 m), Fizeau a obţinut $c = 315\,300$ km/s.

În 1879, A. Cornu a îmbunătăţit metoda lui Fizeau, mărind distanţa la 23 km şi viteza de rotaţie a roţii dinţate la 1 600 rot/s, ceea ce i-a dat posibilitatea să obţină rezultatul $c = 300\,030$ km/s.

Măsurarea lui c a adus o nouă confirmare teoriei ondulatorii care presupunea existenţa „eterului". Într-adevăr, Fresnel arătase, în 1818, că viteza luminii într-un corp aflat în mişcare era diferită de aceea măsurată atunci cînd corpul era în stare de repaus. Fizeau a verificat în 1851 această constatare.

Nu putem încheia acest paragraf, fără să reamintim celebrele experienţe făcute de A.M. Michelson cu ajutorul interferometrului pe care îl inventase. Era vorba, în esenţă, să se verifice dacă „eterul" era capabil să producă, la propagarea luminii, o perturbare asemănătoare aceleia pe care Fizeau o constatase la mediile materiale. Darea de seamă asupra acestei experienţe, publicată în 1881, anunţa un rezultat negativ, lucru care a condus, după cum se ştie, la teoria relativităţii[11].

INTERFEROMETRELE. De altfel, secolul al XIX-lea a asistat la naşterea unui număr mare de interferometre. Aceste aparate, bazate pe interferenţa undelor luminoase, sînt destinate să măsoare distanţe foarte mici, de ordinul de mărime al lungimii de undă a radiaţiei folosite pentru iluminarea aparatului. Datorită

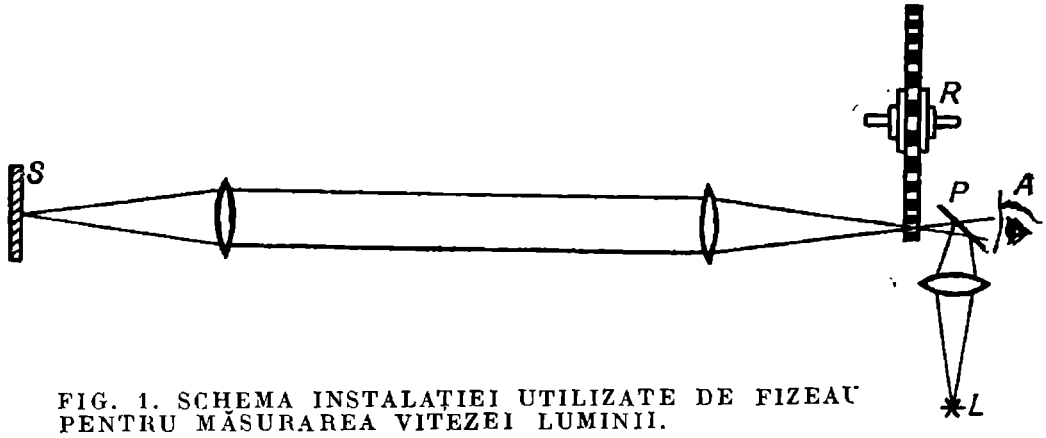


FIG. 1. SCHEMA INSTALAŢIEI UTILIZATE DE FIZEAU PENTRU MĂSURAREA VITEZEI LUMINII.

[11] A se vedea în legătură cu acest subiect articolul doamnei M.-A. Tonnelat (pp. 199—200).

faptului că lungimile de undă ale luminii vizibile sînt de ordinul unei jumătăți de micron (5.10^{-4} mm), este ușor de priceput că prin acest mijloc se pot măsura lungimi mici. Aparatul folosit de Young în celebrele lui experiențe este tot un interferometru. Același lucru se poate spune despre oglinzile și biprismele lui Fresnel. Aparate tot atît de simple, dar mai comode, au fost folosite pentru studierea micilor deformații ale suprafețelor, ca de exemplu modul în care cle se dilată (Fizeau). Au fost puse la punct și alte aparate care dădeau franje și mai fine. Interferometrul lui Fabry și Pérot, descris pentru prima dată în 1896, este folosit astăzi în numeroase domenii ale fizicii și mai ales în spectroscopie, unde dă posibilitatea studierii structurilor hiperfine ale spectrelor atomice. Vom mai semnala, de asemenea, apariția, în 1891, a aparatului lui Zehnder care, într-o formă oarecum modificată, este folosit curent în suflerii pentru studierea machetelor de avioane.

O aplicație importantă a interferenței luminii a fost sugerată într-o notă cu titlul *La possibilité d'établir une longuer d'onde lumineuse comme étalon fondamental de longuer*, publicată în 1889 de Michelson și Morley. În 1892, Michelson a măsurat metrul-etalon (pe timpul acela se numea prototip) în lungimi de undă, cu ajutorul interferometrului său. De atunci încoace, problema a fost studiată intens. Anul 1960 a asistat la înlocuirea metrului-etalon printr-o lungime de undă, fapt care încorona cercetările întreprinse timp de peste 60 de ani.

CAPITOLUL II
Evoluţia teoriilor asupra luminii

PROGRESELE OPTICII FIZICE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI AL XIX-LEA: THOMAS YOUNG ŞI E.-L. MALUS. Renaşterea teoriei ondulatorii a fost pregătită prin importante lucrări experimentale realizate în prima jumătate a secolului al XIX-lea. Chiar de la 1801, Thomas Young (1773—1829), reluînd studiul franjelor produse de lamele subţiri, enunţă principiul interferenţei, sugerat probabil de fenomenul bătăilor acustice:

„Atunci cînd două părţi din aceeaşi lumină ating ochiul pe două căi diferite, dar avînd direcţii foarte apropiate, intensitatea este maximă dacă diferenţa dintre căile parcurse este multiplul unei anumite lungimi şi este minimă pentru starea intermediară" (Th. Young, în „Philosophical Transactions", 1802).

Grimaldi crezuse şi el că a observat un fenomen asemănător, însă dispozitivul pe care îl folosise nu putea produce decît „franje" de difracţie. A fost prima dată cînd s-a observat în mod efectiv că, aşa cum spunea Arago, „lumina adăugată luminii poate produce, în condiţii convenabile, obscuritate".

Cu ajutorul acestui principiu Young a explicat formarea inelelor lui Newton. El a propus chiar o experienţă de un alt tip şi de o realizare simplă din punct de vedere teoretic, care permitea ca fenomenele de interferenţă să fie produse cu o mare uşurinţă. Se pot obţine două surse de aceeaşi lumină (adică de lumină „coerentă") făcînd ca razele provenite dintr-o sursă practic punctiformă să treacă prin două găuri foarte fine şi foarte apropiate, practicate într-un ecran. Cele două fascicule coerente, astfel obţinute, au forma unor conuri divergente din cauza difracţiei produse de fineţea găurilor. În zona lor comună se observă fenomene de interferenţă (fig. 2).

Elaborarea unei legi cantitative, în care intervine în mod explicit lungimea de undă, dă posibilitatea stabilirii raportului care există între diferitele moduri de producere a interferenţelor. Teoria ondulatorie şi analogiile dintre lumină şi sunet, pe care le susţinuse cu multă iscusinţă — dar mai puţin riguros — Euler, păreau că urmează să renască cu o şi mai mare strălucire. Reacţiile au fost foarte violente şi arată de ce cele mai importante sugestii ale lui Young „urmau să rămînă închise şi uitate printre documentele Societăţii regale", aşa cum se plîngea Helmholtz.

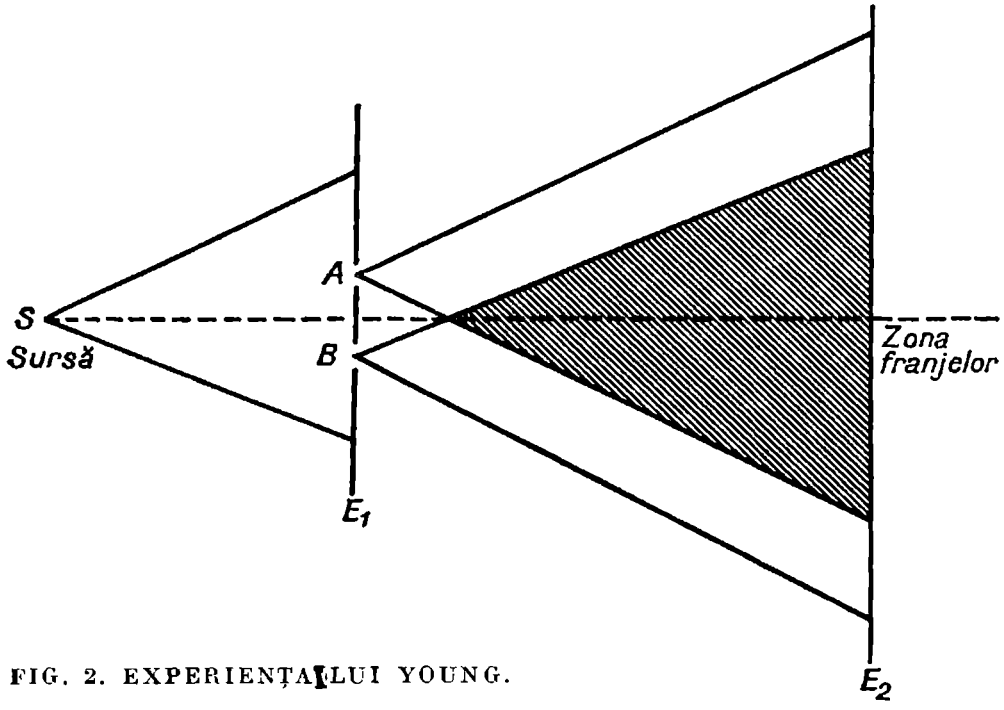


FIG. 2. EXPERIENȚA LUI YOUNG.

Cam prin aceeași vreme (1808), Etienne-Louis Malus (1775—1812) stabilește existența fenomenelor de polarizare și publică, puțin după aceea, rezultatele lucrărilor sale (*Théorie de la double réfraction de la lumière dans les substances cristallines*. Mémoires présentés par divers savants, tom. II, 1810).

Birefringența pe care o prezintă lumina atunci cînd tranversează cristalele de spat de Islanda fusese observată de multă vreme. Această experiență reținuse și atenția lui Huygens, fără ca el să-i poată da însă o explicație satisfăcătoare. Pe de altă parte, Malus observase, datorită unor împrejurări favorabile, fenomenul de polarizare prin reflexie. Studiul ansamblului fenomenelor de optică geometrică, pe care îl făcuse mai înainte, i-a dat posibilitatea să arate că o rază luminoasă, reflectată sub un anumit unghi, prezintă, după aceea, o asemănare remarcabilă cu o rază care ar fi traversat un prim cristal de spat, suferind o birefringență: nici una din ele nu mai poate fi divizată printr-o dublă refracție atunci cînd traversează un alt cristal de spat[1].

Spre deosebire de Young, Malus se declarase foarte categoric ca discipol al lui Newton. De aceea, el va căuta pentru fenomenul de birefringență o explicație de tip corpuscular: lumina incidentă primitivă (sau lumina „naturală") este formată, după părerea lui, din particule asimetrice. Traversarea unui cristal de spat sau, cu atît mai mult, reflexia pe o lamă conferă particulelor o aceeași orientare. Astfel se explică de ce un cîmp magnetic poate acționa asupra magneților (dipolilor). Se poate admite deci că lumina este formată din poli. După reflexie, și mai ales după trecerea prin cristalul de spat, lumina se „polarizează".

[1] În legătură cu problemele opticii cristaline, a se vedea și studiul lui J. Orcel (pp. 361—364).

Se pare deci că Malus a înlăturat o interpretare ondulatorie a fenomenelor de polarizare și de dublă refracție.

În aceeași epocă (1811), Arago reia studiul experimental al polarizării cu ajutorul cristalelor de cuarț și descoperă polarizarea cromatică. Cîțiva ani mai tîrziu, cam prin 1820, Fresnel urma să dea rezultatelor obținute o interpretare strălucită (fig. 3.)

OPTICA ONDULATORIE A LUI FRESNEL. Augustin Fresnel (1788—1827) se pare că a fost cîștigat, chiar de la începutul lucrărilor sale, de partea teoriei ondulatorii a luminii. Primul său memoriu, prezentat Academiei de Științe în octombrie 1815 și intitulat *La diffraction de la lumière*, fusese precedat de o corespondență cu Arago, care acceptase să i acorde atenția și sprijinul.

„Teoria vibratorie, scrie Fresnel, se pretează mai bine la explicarea desfășurării complexe a fenomenelor luminoase și cum, în acest caz, reapare analogia cu sunetul și obișnuita obiecție că undele ocolesc obstacolele, m-am hotărît să studiez umbrele".

De fapt, primele sale experiențe sînt în legătură cu fenomenele de difracție, realizate, de exemplu, cu ajutorul unei muchii ascuțite. Fresnel studiază

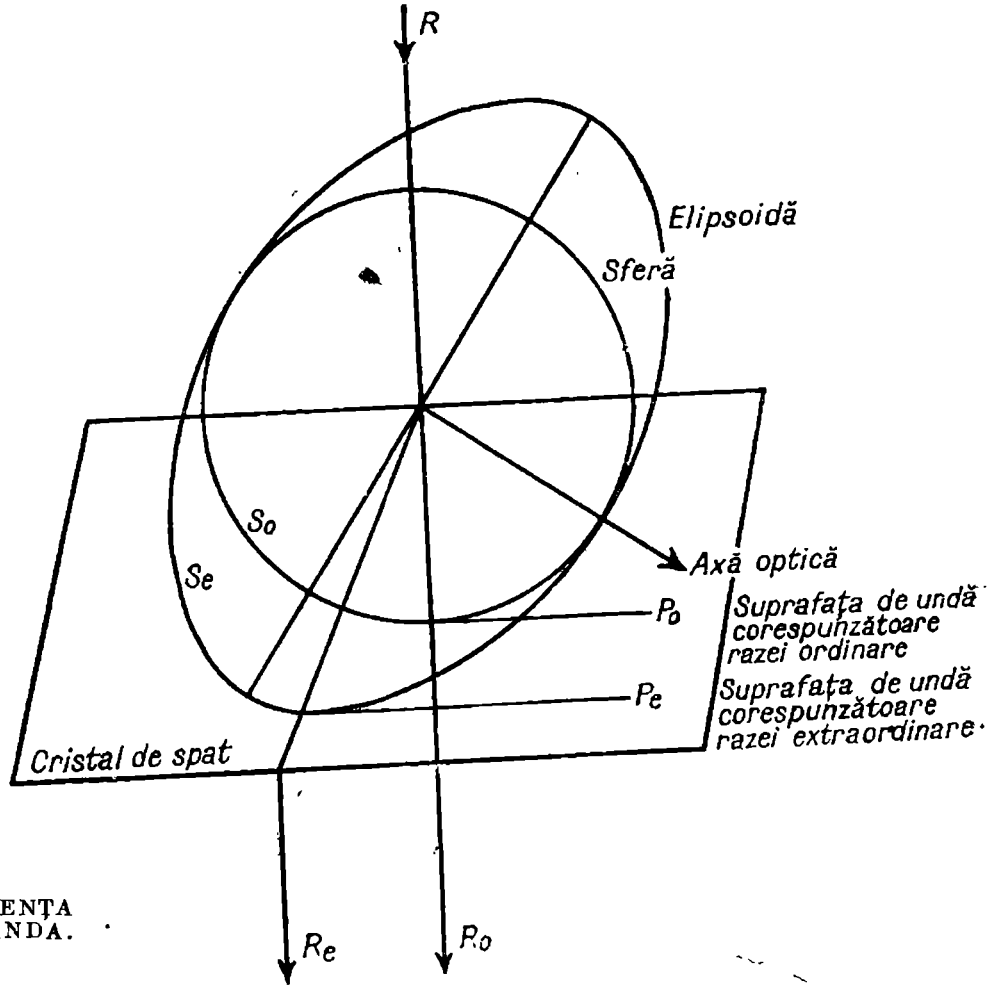


FIG. 3. BIREFRINGENȚA SPATULUI DE ISLANDA.

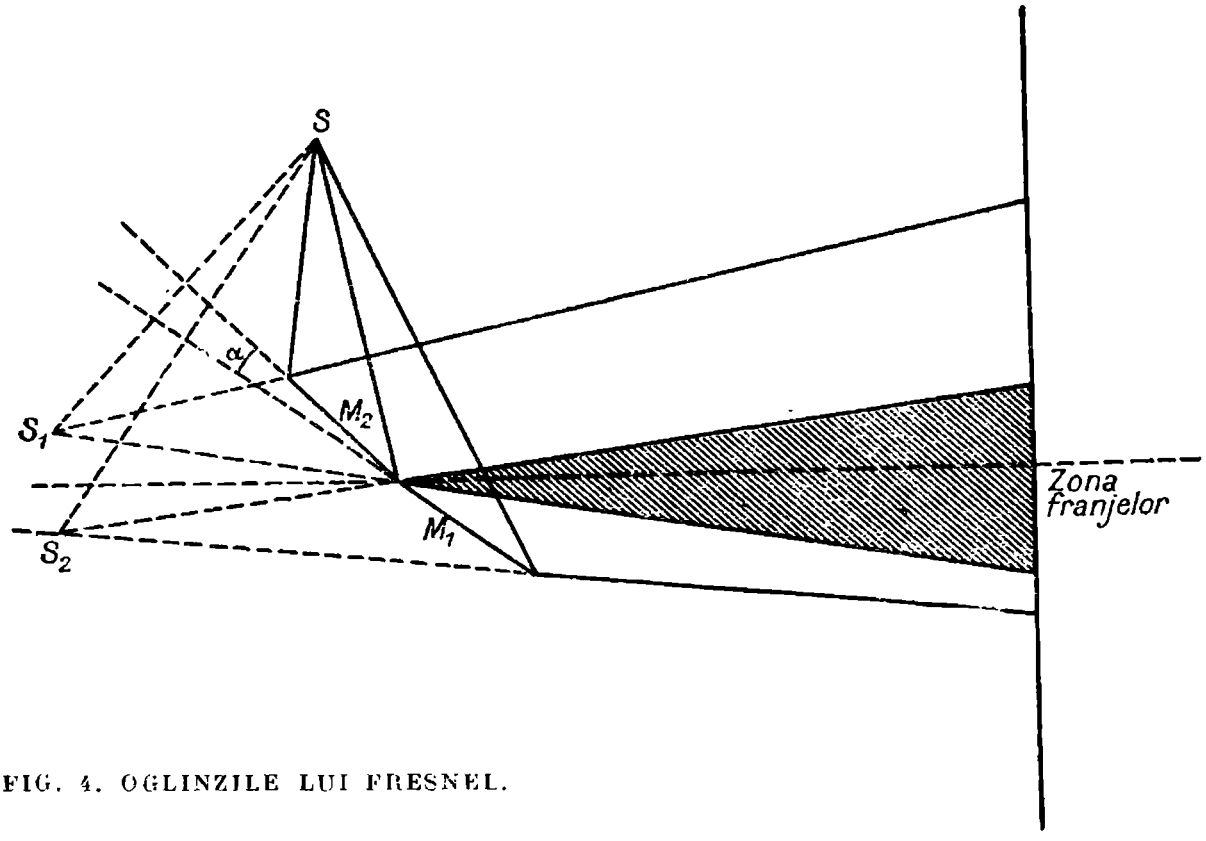


FIG. 4. OGLINZILE LUI FRESNEL.

umbrele produse, observă franjele, le măsoară distanța și ajunge la concluzia că există un acord aproape perfect cu previziunile deduse din teoria ondulatorie. El regăsește astfel concluziile lui Young, pe care de altfel i le semnalase Arago și ale căror consecințe le dezvoltă sistematic.

„Ceea ce produce franjele, este însăși încrucișarea acestor raze, explică el. Este ușor de priceput că vibrațiile razelor care se încrucișează sub un unghi foarte mic se pot contracara atunci cînd nodurile unora corespund cu ventrele celorlalte".

El pune în evidență aceste fenomene folosind dispozitivul cu oglinzi, numit „oglinzile lui Fræsnel", pentru a evita obiecțiile ridicate de Young în legătură cu marginile ecranului (fig. 4) și calculează poziția franjelor care se întind de-a lungul umbrei unui corp birefringent. Intrînd în posesia memoriului lui Fresnel, Poisson deduce că centrul umbrei unui mic ecran trebuie să prezinte o pată luminoasă. Înștiințat de Arago, Fresnel încearcă experiența, care dă rezultatul prevăzut. Din momentul acela, succesul principiilor esențiale ale teoriei ondulatorii era asigurat.

Deci, în 1822, Fresnel putea să scrie:

„Sistemul emisiunii, sau al lui Newton, susținut de ilustrul nume al autorului lui și, aș putea chiar spune, de faima pe care nemuritoarea sa operă a *Principiilor* i-o asigurase, a fost adoptat de toată lumea. Cealaltă ipoteză părea cu totul părăsită atunci cînd dl. Young a readus-o în atenția fizicienilor prin niște experiențe curioase, care îi aduc o confirmare impresionantă și care par, în același timp, foarte greu de împăcat cu teoria emisiunii".

Principala obiecție care mai putea fi adusă, chiar după lucrările lui Huygens, teoriei ondulatorii se referea la explicarea propagării rectilinii a luminii. Huygens indicase o cale în această privință, însă mecanismul fenomenelor de interferență era prea puțin cunoscut pe atunci pentru ca el să poată da o soluție satisfăcătoare. Arătînd că mișcarea transmisă de o undă sferică se reduce parțial prin interferență, Fresnel reușește să deducă această mișcare din comportarea unei porțiuni de undă. Concepțiile lui Huygens conduc în acest caz la demonstrarea riguroasă a propagării rectilinii. Fiindcă nici o obiecție serioasă nu se mai ridica împotriva teoriei ondulatorii, Fresnel putea conchide: „Lumina nu este decît un anumit mod de vibrare a unui fluid universal".

Cu tot sprijinul lui Arago, teoria ondulatorie nu putea să convingă cu ușurință pe acei care erau cu totul de partea teoriilor corpusculare. Era nevoie de o „experiență crucială". Ea a fost găsită — sau s-a crezut că a fost găsită — în compararea vitezelor pe care le are lumina în aer și în apă. Teoria emisiunii prevedea o accelerație la intrarea într-un mediu mai refringent, iar teoria ondulatorie o încetinire. De aceea, Arago declara, în 1838, că era fatal ca una din cele două teorii să dispară în fața faptelor. Fizeau a încercat experiența (fig. 5): rezulta o încetinire. „Concluzia acestei lucrări, scria el, constă în a declara teoria emisiunii ca incompatibilă cu realitatea faptelor".

Puține lucruri sînt definitive în fizică, așa că vom fi obligați să mai revenim asupra interpretării experienței lui Fizeau. Orice s-ar spune însă, secolul al XIX-lea mai păstra încă partizani întîrziați, dar înverșunați, ai ipotezelor corpusculare. Cel mai ilustru era Biot. Pînă la moartea lui, care a survenit în 1862, el și-a consacrat eforturile explicării principalelor fenomene optice prin perfecționarea teoriei lui Newton. Refracția i se părea că este „o atracție pe care corpurile o exercită asupra moleculelor de lumină". Pentru a-și dovedi afirmațiile, studiază refracția comparată în diferite gaze și încearcă să explice fenomenele cu ajutorul unei ipoteze de oscilație periodică a axelor.

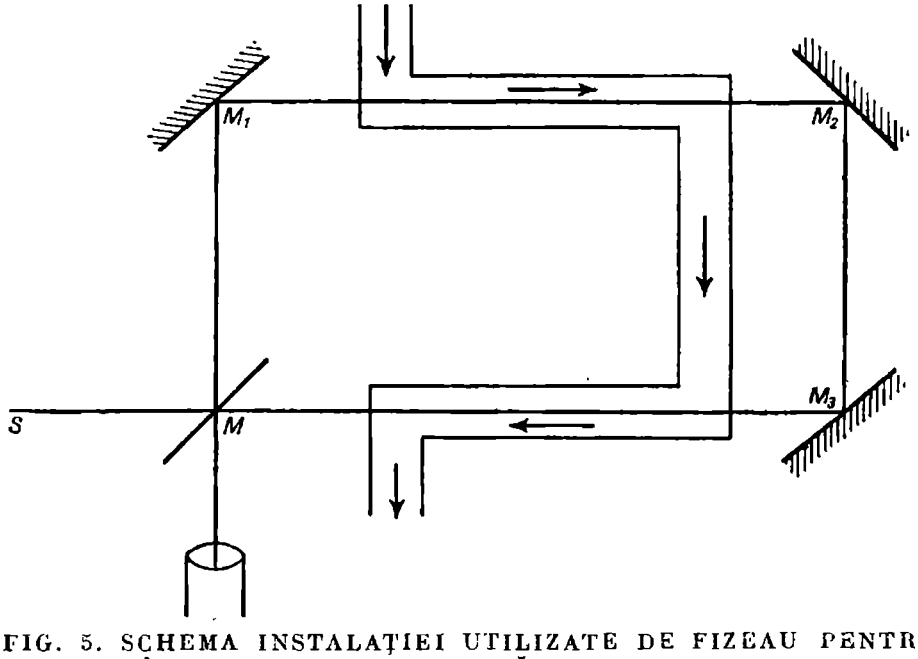


FIG. 5. SCHEMA INSTALAȚIEI UTILIZATE DE FIZEAU PENTRU MĂSURAREA VITEZEI LUMINII ÎNTR-UN CURENT DE APĂ.

Și totuși, părerile lui Biot constituiau un firișor subțire care lega newtonianismul decadent cu tinerele teorii cuantice. Secolul al XIX-lea vede cum cuceririle teoriei ondulatorii iau o amploare din ce în ce mai mare. Lucrările lui Fresnel și Arago aduc autorilor lor cele mai mari succese în domeniul polarizării.

Am mai vorbit despre experiențele fundamentale asupra polarizării cromatice, asupra polarizării circulare și chiar despre originea primelor lucrări ale lui Malus în legătură cu această problemă: studiul fenomenului de dublă refracție. Studiul acestui fenomen mai fusese întreprins de Hooke, Newton, Wollaston și, în fine, de Huygens.

Presupunînd că lumina este formată din *vibrații transversale* — ipoteză întrevăzută deja de Hooke — Fresnel arată că dubla refracție poate fi explicată în cazul unui cristal uniax (care prezintă, adică, o simetrie în raport cu o axă), sau biax. Într-adevăr, unda care se propagă într-un mediu refringent anizotrop este, în general, o suprafață de gradul patru. Dacă mediul este izotrop, suprafața degenerează într-o sferă. Din contra, în mediile anizotrope uniaxe, suprafața se descompune într-o sferă corespunzînd razei ordinare și într-un elipsoid corespunzînd razei extraordinare.

ETERUL LUI FRESNEL. La început, Fresnel credea că, atunci cînd vibrațiile luminoase sînt perpendiculare pe planul de polarizare, există două feluri de refracție. Deoarece Poisson dovedise că această presupunere era inexactă, Fresnel a fost constrîns să studieze dezvoltarea forțelor elastice într-un cristal după orientarea vibrațiilor luminoase în raport cu axa optică. În felul acesta, el ajunge să dezvolte o teorie mecanică a vibrațiilor eterului.

Existența acestui „fluid universal", pentru care lumina era „unul din modurile lui de vibrație" părea că se sprijină pe niște rezultate atît de concludente, încît Lamé scria în 1852:

„Existența fluidului eteric este demonstrată fără nici o îndoială prin propagarea luminii în spațiile planetare, precum și prin explicarea atît de simplă și de completă a fenomenelor de difracție în teoria undelor".

Și care urmau să fie caracteristicile acestui fluid? Putem împrumuta de la Lamé enunțul principalelor lui trăsături:

„Starea lui statică depinde de repulsia pe care o exercită asupra lui însuși și de acțiunile pe care le suferă din partea atomilor prezenți. Datorită acestor forțe, eterul este răspîndit uniform în tot spațiul lipsit de materie ponderabilă. Densitatea lui este constantă, iar elasticitatea lui este aceeași în toate sensurile".

De la prima vedere s-ar părea că noțiunea de eter nu ar fi pierdut nimic din realitatea ei substanțială în optică modernă. Dar tocmai în epoca în care va căpăta întreaga lui importanță, datorită succesului teoriei ondulatorii a luminii, eterul își va pierde proprietățile mecanice care îi asigurau calitatea de fluid real.

Pentru ca să explice fenomenul de polarizare, Fresnel este obligat să încerce să asigure propagarea vibrațiilor transversale. Ca să facă acest lucru, el se vede constrîns să atribuie mediului o rigiditate teoretic infinită și practic mai ridicată decît aceea a mediilor celor mai rezistente. Această rigiditate pare însă

puțin compatibilă cu mișcarea corpurilor cerești pe care se pare că nu o afectează de loc. Eterul lui Fresnel începe deci să-și asume proprietăți destul de stranii, fiindcă unei rigidități infinite trebuie să-i asocieze o rezistență la mișcare aproape nulă. S-a încercat o perfecționare a modelelor de eter, însă rezultatele obținute, în special datorită lucrărilor lui Poisson, par prea puțin convingătoare, iar eterurile de tip Kelvin (eterul girostatic) nu prezintă interes decît din curiozitate.

Pe de altă parte, problema antrenării eterului de către corpurile în mișcare n-a lipsit nici ea din preocupările lui Fresnel. După experiențele lui Arago, legile reflexiei și ale refracției păreau să fie aceleași și pentru corpurile în mișcare. Fresnel admitea fără rezerve că eterul este antrenat de mișcarea Pămîntului, însă nu știa cum să interpreteze fenomenul de aberație a luminii, descoperit de Bradley în 1728.

Observarea stelelor numite fixe ne oferă un exemplu izbitor al fenomenului de aberație: în decursul anului, stelele „fixe" par să descrie mici elipse. Această mișcare aparentă este ușor de explicat: imaginea obținută rezultă din poziția adevărată a stelei și din mișcarea Pămîntului în jurul Soarelui. Reamintim comparația clasică cu drapelul care flutură în vîrful catargului unei nave, drapel care se orientează după rezultanta direcției vîntului și aceea a mișcării navei. Or, aberația datorită mișcării Pămîntului este indepedentă de natura mediului refringent. Refracția luminii nu este deci modificată în mișcarea față de eter și de aceea trebuie să admitem că undele luminoase sînt antrenate parțial în interiorul unui mediu refringent.

Fresnel este de acord să facă un compromis:

„N-am putut înțelege acest fenomen, îi scrie el lui Arago, decît presupunînd că eterul trece liber prin glob și că viteza comunicată acestui fluid subtil nu-i decît o mică parte din viteza Pămîntului".

Pornind de la ipoteza independenței aberațiilor față de mediul refringent cu indicele n, mediu în care se propagă lumina, Fresnel reușește să calculeze coeficientul de antrenare al undelor luminoase. Această valoare, $\alpha = 1 - 1/n^2$, verificată direct prin experiențele lui Fizeau (1851), părea să constituie o dovadă evidentă a exactității teoriei lui Fresnel.

Această teorie nu caută să precizeze proprietățile eterului din punctul de vedere al deformațiilor sale elastice și al antrenării lui de către mediile refringente. Pentru Fresnel, atîta era de ajuns ca să justifice propagarea undelor transversale. El imaginează între timp și o consecință posibilă a modificărilor pe care le suferă eterul în alte domenii decît în acela al opticii. Dintr-o scrisoare trimisă fratelui său, și care datează din 5 iulie 1814, poate fi subliniat următorul pasaj:

„Îți mărturisesc că sînt foarte ispitit să cred în vibrațiile unui fluid particular pentru transmisia luminii și căldurii... și poate că în deranjamentele de echilibru ale acestui fluid vor fi găsite cauzele fenomenelor electrice".

Și totuși, în ciuda acestor preziceri, în teoria lui Fresnel fenomenele electrice rămîn fără nici o legătură directă cu optica.

MATERIALELE DIELECTRICE ȘI ETERUL. În timp ce eterul înzestrat cu o structură capătă o importanță din ce în ce mai mare în optică, dezvoltarea electrostaticii sub influența lucrărilor lui Coulomb, Oersted, Biot și Savart părea că se îndreaptă într-o direcție diametral opusă.

Într-adevăr, Coulomb stabilise o lege de interacțiune între sarcini, atribuindu-i *a priori* forma care guverna acțiunile newtoniene numite „la distanță". Acțiunile dintre magneți și apoi dintre curenți (Ampère, Biot și Savart) păreau că ascultă și ele de reguli de același tip.

Lucrările lui Faraday și, mai tîrziu, cele ale lui Gauss au îndreptat electromagnetismul în devenire pe o cu totul altă cale. Într-adevăr, Faraday atrăsese atenția asupra rolului important jucat de mediu. El luase în considerare mai întîi mediile materiale binecunoscute: parafina, ebonita etc. Aceste medii, numite „izolante", sînt capabile să modifice acțiunea reciprocă a sarcinilor între care sînt interpuse. Faraday trage concluzia că această modificare este produsă de o schimbare a însuși mediului. În masa izolanților, inițial neutri, se dezvoltă, sub acțiunea sarcinilor exterioare, sarcini de semn contrar legate de fiecare regiune elementară a izolantului. Se spune că se formează *dipoli* și că mediul material devine astfel *polarizat*. În cazul acesta, mediul este capabil să reacționeze pe cont propriu, intervenind în mod activ în mecanismul interacțiunilor dintre sarcini.

Mediile capabile să fie modificate („polarizate") sub acțiunea surselor exterioare și să reacționeze, la rîndul lor, asupra interacțiunii sarcinilor sînt *dielectrice*.

Pentru a concretiza și explica acțiunea acestor dielectrici, Faraday este constrîns să precizeze *direcția* și *intensitatea* forțelor care intervin în fiecare punct al mediului. El ia astfel în considerare existența liniilor de forță care, plecînd de la o particulă încărcată, transmit acțiunea respectivă unei alte particule, prin intermediul dielectricului. Intensitatea acestei acțiuni este măsurată prin densitatea liniilor de forță, adică prin numărul de linii de forță care traversează unitatea de suprafață dielectrică perpendiculară pe direcția lor. Faraday atribuie acestor linii (sau tuburi) de forță o semnificație fizică care îi permite să le dea o descriere foarte concretă.

Vidul poate fi conceput și el ca un dielectric particular, traversat de linii de forță. Eterul ar fi deci —ca și materialele dielectrice — un mediu material. El este un dielectric particular sau, ca să spunem așa, *limita noțiunii de dielectric*.

CÎMP ȘI INDUCȚIE. Să ne îndreptăm acum atenția nu asupra suportului acțiunii (eterul sau dielectricul), ci asupra acțiunii însăși.

Acțiunea specifică care ia naștere între sarcinile electrice, sau între masele magnetice (ipotetice), constituie *cîmpul*.

În înțelesul lui cel mai general, cîmpul este domeniul în care se poate manifesta o acțiune oarecare. În cazul nostru este vorba de un domeniu echilibrat, indexat dacă se poate spune așa, prin densitatea liniilor de forță. Este un *cîmp de forțe* a cărui indicare ne permite să cunoaștem, pentru fiecare punct, nu numai acțiunea care se produce efectiv, ci și acțiunea care s-ar putea produce.

Mai știm, pe de altă parte, că un dielectric (sau un mediu magnetic) este în stare să modifice această acțiune. Polarizîndu-se, el reacționează pe propria lui socoteală, adăugînd astfel o acțiune personală — ca să spunem așa — la contribuția brută a cîmpului. Acțiunea globală care ține seama și de intervenția dielectricului, este *inducția*.

Mărimea transformării cîmpului (în raport cu eterul) în inducție (adică în raport cu dielectricul) măsoară, într-o anumită măsură, puterea relativă (în raport cu eterul) a mediului material. Ea este *puterea inductoare specifică* (sau, în cazul acțiunilor magnetice, *permeabilitatea magnetică)*. Se presupune, în general, că în *sistemul de referință particular, legat de materie*, aflat în mișcare lentă și uniformă în raport cu eterul (sistemul propriu), există proporționalitate între cîmp și inducție.

Vom avea deci relații de forma următoare:

$\vec{D}=\varepsilon\vec{E}$, în care $\vec{D}$ este inducția electrică, ε puterea dielectricului, iar $\vec{E}$, cîmpul electric;

$\vec{B}=\mu\vec{H}$, în care $\vec{B}$ este inducția magnetică, μ puterea mediului magnetic, iar $\vec{H}$ cîmpul magnetic.

Cam tot pe atunci, Poisson izbutește să stabilească legile propagării unei acțiuni electrice (sau magnetice) într-un mediu care prezintă o distribuție obișnuită a sarcinii. El propune deci un sistem de ecuații avînd, printre alte soluții, una aproximativă, reprezentată printr-un cîmp depinzînd de $1/r^2$ care intervine în legea lui Coulomb. Acțiunile electrice numite „la distanță" par să fie deci un caz particular, care permite intuirea teoriei riguroase a mediilor continue.

JAMES CLERK MAXWELL: TEORIA ELECTROMAGNETICĂ A LUMINII. Teoria dielectricilor nu se leagă direct de aceea a lui Fresnel. Dar ea pregătește calea unui sistem care se ghicește a fi apropiat. În 1872, Cournot scria clar:

„Teoria optică a lui Fresnel n-are nici o legătură cu teoria căldurii a lui Fourier, nici cu teoria lui Coulomb sau a lui Poisson, nici cu teoria lui Ampère, deși cel mai important obiectiv al fizicii actuale este tocmai acela de a dovedi că toate aceste fenomene — optice, termice, electrice sau magnetice — au între ele cele mai intime legături".

Misiunea de a realiza această sinteză îi revine lui Maxwell (1831—1879). La data cînd și-a început lucrările, legile electrodinamicii, admise pînă atunci, erau perfect satisfăcătoare, adică puteau să explice toate faptele cunoscute. Cu toate acestea, Maxwell a completat aceste legi prin adăugirea unui termen pur arbitrar din punct de vedere experimental, fiindcă era prea mic pentru a putea fi infirmat sau confirmat de experiență.

„Era, scrie Poincaré, profund pătruns de sentimentul simetriei matematice. Ar fi fost el așa, dacă alții dinaintea lui n-ar fi cercetat această simetrie numai pentru propria ei frumusețe? Maxwell era obișnuit să gîndească în vectori, iar vectorii au fost introduși în analiză prin teoria imaginarelor. La rîndul lor, cei ce au inventat imaginarele n-au bănuit că ele vor putea fi folosite vreodată la studiul lumii reale. Numele care li s-a dat dovedește îndeajuns acest lucru".

Maxwell începe prin reducerea tuturor fenomenelor electromagnetice la acțiuni pur dinamice. Ca și Faraday, el înlocuiește acțiunea la distanță prin explicații bazate pe mișcare și pe proprietățile unui fluid ipotetic. Acest eter electromagnetic are o stare mecanică, adică energie, tensiuni interne și cantități de mișcare care pot fi exprimate în funcție de cîmpurile electrice și magnetice. Rezultă de aici că vidul este foarte diferit de un mediu amorf, dar reiese, totodată, că concepția despre eter, în calitatea lui de substanță vibrantă, trebuie abandonată.

Meritul esențial al lui Maxwell a constat în faptul că a stabilit o legătură între eterul răspunzător de acțiunile electromagnetice și eterul lui Fresnel.

„Să umpli spațiul cu un nou mediu de fiecare dată cînd trebuie explicat un nou fenomen, nu este un procedeu prea filozofic, scrie el. Dimpotrivă, dacă prin intermediul a două ramuri independente ale științei ajungem la ipoteza unui aceluiași mediu și dacă proprietățile pe care trebuie să le atribuim acestui mediu pentru a explica fenomenele electromagnetice se dovedesc de aceeași natură cu cele pe care ar trebui să le atribuim eterului luminos pentru a explica fenomenele luminii, motivele noastre de natură fizică de a crede în existența unui asemenea mediu vor fi confirmate".

Eterul nu mai este doar un mediu inert care asigură transmiterea mișcărilor. El este un rezervor de energie, pe care o poate înmagazina sub formă potențială (așa cum se întîmplă în cazul electrostaticii) și sub forma cinetică (pe care o prezintă, de exemplu, curenții de deplasare în dielectrici).

Aceste două acțiuni, sau aceste două cîmpuri, nu sînt independente. Un cîmp nu poate exista singur decît dacă este invariabil. Modificarea unuia atrage după sine existența celuilalt. Mișcarea unei sarcini, de exemplu, produce un cîmp electric și un cîmp magnetic, perpendiculare unul pe altul și pe direcția de propagare. Maxwell a stabilit legea care leagă aceste două cîmpuri și legea care dă valoarea curentului de deplasare. Dacă teoria era exactă, raportul dintre unitățile electromagnetice de curent și unitățile electrostatice trebuia să fie egal cu viteza unei perturbații electromagnetice în vid și, în particular, cu viteza luminii.

Or, măsurarea acestui raport, și deci a acestei viteze, era posibilă. Ea a fost efectuată de W. Weber și de R. Kohlrausch în 1855. Un electrometru permitea măsurarea sarcinii unui condensator în unități electrostatice, în timp ce un galvanometru balistic măsura aceeași cantitate în unități electromagnetice. Raportul dintre aceste valori, adică viteza de perturbație, putea fi cunoscută cu precizie. Se știe că Fizeau realizase o determinare bună a vitezei luminii încă din 1849: valoarea obținută era egală cu numărul care reprezenta raportul dintre sarcinile măsurate în cele două sisteme de unități. Prin compararea celor două rezultate numerice, Maxwell putea deci să conchidă că există o identitate între vibrațiile luminoase și cele electromagnetice. Acest rezultat reamintește modul precaut în care a fost asimilată gravitația cu atracția. Faptul că Newton s-a crezut îndreptățit să le identifice nu se explică numai prin aceea că ele ascultau de o lege avînd aceeași formă, ci fiindcă calculul și al uneia și al celeilalte conducea la rezultate riguros identice.

Așa a fost și cu teoria lui Maxwell. Însă identitatea luminii cu fenomenele electromagnetice urma să fie dovedită într-un mod și mai spectaculos. Reluînd

experiențele lui Feddersen, Heinrich Hertz (1857—1894) reușește în 1885 să producă unde cu lungimea de undă de 1m. Aceste unde prezentau binecunoscutele fenomene de reflexie și de refracție. Viteza lor era egală cu aceea a luminii, iar producerea undelor ultrascurte privea un domeniu care se apropia încetul cu încetul de infraroșu. În prezent, aceste domenii se întîlnesc. Oricare ar fi explicația la care se va recurge, lumina rămîne de acum înainte acceptată în domeniul undelor electromagnetice.

LEGĂTURA DINTRE CÎMP ȘI SURSE: TEORIA MICROSCOPICĂ A LUI H. A. LORENTZ. Totuși, lucrările lui Maxwell nu ne dau explicații complete asupra producerii fenomenelor electromagnetice prin mijlocirea unei acțiuni pur mecanice.

„Ele nu ne informează, scrie P. Langevin, asupra legăturii care reunește materia și eterul, iar această ignoranță este fundamentală pentru aceste lucrări. În cazul undelor hertziene și al celor luminoase, nu știm de ce ele se propagă altfel în mediile materiale decît în vid și de ce materia le dispersează. În special, ignorăm complet de ce este necesară materia la producerea și la nimicirea undelor, adică ce se petrece la nașterea și la moartea lor".

Pe de altă parte, sinteza lui Maxwell introduce chiar în miezul opticii o dificultate care nu a putut fi înlăturată niciodată în întregime: fenomenele luminoase nu mai pot fi separate complet de fenomenele electrice. Or, încă de pe timpul lui Helmholtz și Faraday se credea că electricitatea are o structură discontinuă.

S-a încercat să se explice continuitatea cîmpului electromagnetic prin mișcarea sarcinilor ușoare și pozitive în jurul sarcinilor mai grele. Acesta era principiul teoriei lui W. Weber care dădea o nouă tinerețe ideilor lui Ampère prin faptul că asimila moleculele cu niște electromagneți în miniatură (1871).

Teoria lui Lorentz (1895) permite schimbarea semnului sarcinilor lui Weber. În jurul nucleelor gravitează de această dată electroni negativi. Ceva mai mult, în interiorul conductorilor se mișcă electroni liberi, a căror deplasare dirijată dă naștere curenților. În fine, electronii care gravitează în jurul unui centru radiază pînă la infinit o undă electromagnetică transversală.

„Originea radiației electromagnetice, adaugă P. Langevin, se află deci în electronul supus unei accelerații. Prin intermediul lui, natura funcționează ca o sursă de unde hertziene sau luminoase. Orice accelerație și orice schimbare, care se produce în starea de mișcare a unui sistem de electroni, se traduce printr-o emisie de unde. Caracterul undei emise se schimbă, firește, după cum accelerația este bruscă, discontinuă sau periodică."

Practic, Lorentz își racordează teoria la aceea a lui Maxwell, admițînd că electronii nu sînt punctiformi și că este posibil să se definească o „structură" a surselor și o densitate electrică în interiorul electronului. Densitatea ρ și viteza $\vec{v}$ a electronilor sînt termenii care completează niște ecuații identice cu cele ale lui Maxwell în ceea ce privește forma lor, dar referitoare la cîmpuri electrice și magnetice „microscopice", adică legate de o particulă încărcată. Dacă se ia în considerare un număr mare de sarcini, ecuațiile microscopice ale

lui Lorentz duc în mod automat la ecuațiile macroscopice ale lui Maxwell. Nu trebuie să pierdem însă din vedere că, în ciuda structurii lor asemănătoare, ecuațiile lui Maxwell și ecuațiile lui Lorentz au izvorît din considerente foarte diferite. Primele, inspirate direct din rezultatele experimentale ale lui Faraday, nu au drept scop decît să explice niște fenomene statistice în care intervine un număr mare de sarcini. Cele ale lui Lorentz constituie o extrapolare ingenioasă a valabilității ecuațiilor lui Maxwell, făcută cu scopul de a descrie comportarea individuală și corpusculară a sarcinilor. Această extrapolare a fost confirmată de altfel prin succese remarcabile: explicarea conductibilității metalelor, previziunea undei de accelerație produsă de variațiile de viteză ale sarcinilor, teoria dispersiei luminii, teoria efectului Zeeman normal[2].

Teoria Maxwell-Lorentz nu este o teorie cuantică, deoarece în cadrul ei cîmpul electromagnetic rămîne în esență continuu, însă discontinuitatea se află atît la originea, cît și în țelul ei.

„Prin eterul lui Maxwell și prin electronii care se mișcă în el, observă E. Picard, teoria emisiunii și cea ondulatorie se suprapun deja într-o oarecare măsură. Acesta nu-i decît începutul unei dualități care se va accentua din ce în ce mai mult".

Se poate pune într-adevăr întrebarea dacă cîmpul electromagnetic și sursele lui sînt entități identice în fond (teoriile nedualiste) sau dacă natura lor este radical diferită (teoriile dualiste).

Dacă substituim ideea surselor punctiforme concepției surselor extinse, sîntem conduși să înlocuim structura sferică și rigidă, imaginată de primele teorii ale lui Abraham și Bucherer, printr-o structură deformabilă. După Lorentz, orice particulă încărcată, sursă a unui cîmp electromagnetic, suferă o contracție în sensul mișcării ei.

Pe de altă parte, masei fiecărei particule i se poate atribui o origine pur electromagnetică. Aceasta înseamnă că factorul masă, atribuit fiecăreia dintre surse, poate fi exprimat în funcție de mărimile care caracterizează cîmpul.

Masa m_0 a unui electron, presupus imobil, poate fi exprimată, în funcție de sarcina q și de raza r_0 a acestui electron, prin relația: $m_0 = \frac{2\,q^2}{3\,r_0 c^2}$.

Prin măsurare se obține $m_0 \simeq 0{,}90 \cdot 10^{-27}$ g. Dacă am cunoaște pe r_0, am putea ști a cîta parte din masă este de origine electromagnetică. Fiindcă nu putem face acest lucru, din ipoteza lui Lorentz putem deduce numai raza regiunii singulare care ar reprezenta un electron a cărui masă ar fi în întregime de origine electromagnetică. În acest fel, se găsește că

$$r_0 = 1{,}9 \cdot 10^{-13} \text{ cm}.$$

[2] Lorentz stabilise că teoria lui permitea să se prevadă o modificare a frecvenței liniilor spectrale emise de o sursă, atunci cînd aceasta era plasată într-un cîmp magnetic suficient de intens. Realitatea experimentală a acestui fenomen („efectul Zeeman") a fost demonstrată, în 1896, de fizicianul olandez Pieter Zeeman (1865—1943), elevul lui Lorentz. Această verificare, foarte delicată, care aducea o confirmare strălucită teoriei lui Lorentz, a fost reluată ceva mai tîrziu de fizicianul francez Aimé Cotton.

Lorentz a putut să demonstreze în acest caz că, atribuind masei surselor o origine electromagnetică, sîntem conduși să admitem că masa variază cu viteza.

Un corpuscul avînd viteza constantă v va avea o masă electromagnetică m care variază după relația

$$m = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}}, \text{ în care } \beta = \frac{v}{c}.$$

Această ipoteză a fost verificată în mod strălucit prin experiențele lui Guye și ale lui Lavanchy, ajungîndu-se la concluzia că întreaga masă a particulei era de origine electromagnetică. De fapt, pe vremea aceea se credea că numai masa electromagnetică putea varia în funcție de viteză, masa mecanică rămînînd neschimbată. Experiențele lui Guye și Lavanchy păreau să demonstreze deci prioritatea cîmpului, cîmp microscopic și entitate esențială din care derivau într-o mare măsură caracteristicile surselor.

DE LA ETERUL MECANIC AL LUI FRESNEL LA ETERUL IMOBIL AL LUI LORENTZ. Sinteza lui Maxwell asimila eterul lui Fresnel cu eterul electromagnetic. Cu toate acestea, Maxwell se ferea să insiste asupra structurii acestui suport, iar straniile lui proprietăți erau lăsate în umbră. Antrenarea lui parțială de către materia în mișcare, antrenare confirmată de experiență, îi conferă o viteză $\alpha\vec{v}$, α fiind coeficientul de antrenare prevăzut de teoria lui Fresnel.

Această proprietate fundamentală nu este păstrată nici în teoria lui Stokes și a lui Hertz, nici în teoria microscopică a lui H.A. Lorentz.

Stokes presupunea o antrenare totală a eterului luminos (sau, mai degrabă, „luminifer") de materia în mișcare, iar această ipoteză fusese generalizată de Hertz pentru a o aplica eterului electromagnetic. Ipoteza se lovea însă de obiecții de principiu considerabile, de îndată ce se punea problema de a se preciza modul de trecere a luminii de la eterul interstelar imobil la eterul terestru antrenat. Ceva mai mult: ea se afla în contradicție și cu experiențele realizate în domeniul electrodinamicii dielectricilor în mișcare.

Într-adevăr, deplasarea unui izolant într-un cîmp electric (Röntgen, 1885, Eichenwald, 1903), sau într-un cîmp magnetic (Wilson 1904), arată că totul se petrece ca și cînd din cauza mișcării, cîmpul macroscopic $\vec{E}$ ar trebui înlocuit cu cîmpul: $\vec{E} = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)\vec{E}$ (ε= constanta dielectrică), $\vec{E}$ aflîndu-se astfel antrenat parțial. Această concluzie este incompatibilă cu ipoteza unei antrenări totale, imaginată de Hertz.

Acest rezultat pare să fie, de asemenea, incompatibil cu postulatul unui eter riguros imobil, dar se potrivește, în schimb, cu condițiile inițiale cerute de Fresnel.

Și totuși, la baza teoriei microscopice a lui Lorentz stă noțiunea de eter imobil. Unei minți neprevenite i s-ar putea părea curios, la prima vedere, că ipoteza lui Lorentz, atît de diferită de cea a lui Fresnel, ar putea să conducă la rezultate analoge. Realitatea este însă că aceste ipoteze nu se referă la aceeași scară.

La scara microscopică, care este cea a teoriei lui Lorentz, eterul și cîmpul microscopic $(\vec{e}, \vec{h})$ suportat de eter sînt complet imobile. În masa dielectricilor însă, există dipoli care creează o polarizare $\vec{P}$ a dielectricului, *total* antrenată de mișcarea acestuia. Inducția macroscopică $\vec{D}$ este o mărime statistică care rezultă din mulțimea $\vec{E}$ a cîmpurilor microscopice e și din polarizarea $\vec{P}$:

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P} = \varepsilon\,\vec{E}.$$

Totul se petrece ca și cînd, din cauza imobilității cîmpului $\vec{E}$ și a antrenării totale a polarizării $\vec{P}$, inducția $\vec{D} = \varepsilon\,\vec{E}$ ar suferi o antrenare parțială. Din punct de vedere statistic, aceasta înseamnă a înlocui cîmpul $\vec{E}$ printr-un cîmp $\vec{E'} = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)\vec{E}$. Or, pentru cea mai mare parte a mediilor transparente care au o permeabilitate magnetică apropiată de unitate, avem:

$$n^2 = \varepsilon\mu = \varepsilon \text{ dacă } \mu = 1.$$

Deci, cu ajutorul ipotezei lui Lorentz, se regăsesc rezultatele macroscopice ale lui Fresnel și cele ale experiențelor realizate în legătură cu dielectricii în mișcare.

Aceste rezultate nu exprimă însă decît un aspect global: la scară mică nu există decît eterul imobil și dipolii antrenați.

ETERUL, INOBSERVABILĂ ESENȚIALĂ. Constatăm astfel că polemicile în legătură cu eterul se concentrează la sfîrșitul secolului al XIX-lea în jurul chestiunii următoare. Renunțînd la orice previziune asupra caracterelor particulare ale eterului, aberante în aparență și mai mult sau mai puțin nedovedite, s-ar părea că am fi îndreptățiți să sperăm că experiența ne va face cunoscută măcar cea mai indispensabilă dintre proprietățile lui: aceea de a constitui un mediu material care scaldă corpurile în mișcare și a cărui cinematică este în acord cu principiile clasice. În cazul acesta, mișcările corpurilor materiale ar trebui să manifeste efecte de „vînt de eter", cu atît mai evident cu cît corpurile se mișcă mai repede. În cazul în care mișcările sînt rectilinii și uniforme cu o viteză v, vom spune că efectele de vînt ale eterului sînt de ordinul întîi dacă fac să intervină termeni în $\beta = v/c$, de ordinul doi, dacă termenii sînt în $\beta^2 = v^2/c^2$ etc.

EFECTELE DE ORDINUL ÎNTÎI. Efectele de ordinul întîi, care pot fi puse în evidență prin experiență, rezultă din fenomenele de antrenare a eterului și din undele care se propagă în el prin corpurile transparente. Experiențele făcute în acest domeniu important au fost foarte numeroase: Arago (1818), apoi Fizeau, Hoek, Mascart, Michelson și, în sfîrșit, Zeeman, au obținut constant rezultate negative.

Prima experiență de acest fel, cea a lui Arago, folosea refracția luminii printr-un sistem de lentile. Se știe că Fresnel explica, în același an, rezultatul negativ al acestei experiențe prin ipoteza antrenării parțiale a eterului. Or, analizînd oricare dintre aceste experiențe, se poate dovedi că postulatul antrenării parțiale, cu valoarea prevăzută de Fresnel, infirmă de la început orice

speranță de a se putea constata un efect de ordinul întîi (adică în $\beta = v/c$) care ar putea fi atribuit vîntului de eter, deoarece antrenarea este de asemenea natură, încît compensează automat acest efect.

De-abia în 1874, Mascart, Veltmann și apoi Potier au scos în evidență generalitatea acestei concluzii care nu se baza, bineînțeles, decît pe eventuala constatare a efectelor de ordinul întîi. Oricum, încă de pe vremea aceea, Mascart sugera că în optică, ca și în cinematică, este imposibil să se distingă un reper galileian privilegiat cu ajutorul unei experiențe oarecare.

EFECTELE DE ORDINUL DOI. Se părea deci că eterul putea să se sustragă unei condamnări la inexistență, atît timp cît era vorba numai de efectele de ordinul întîi. Era suficient să se adopte în acest scop ipoteza antrenării parțiale sau, în cazul unei teorii microscopice, să se presupună existența unui eter imobil și a unor dipoli antrenați.

După apariția teoriei lui Lorentz, se părea că speranța de a se detecta vîntul de eter trebuia să se refugieze în posibilitatea existenței efectelor de ordinul doi.

Primele încercări făcute asupra efectelor de ordinul doi sînt reprezentate de celebrele experiențe efectuate de Michelson în 1881 și apoi de Michelson și Morley în 1887.

Aceste experiențe constau din studiul propagării a două raze luminoase provenite din același fascicul, divizat în M de o lamă semireflectantă (fig. 6).

Prima din aceste raze parcurge brațul L_1 al aparatului orientat în direcția mișcării Pămîntului în raport cu eterul. Cea de a doua rază se mișcă prin brațul L_2, perpendicular pe primul. O diferență între timpii de parcurs poate fi detectată printr-o deplasare a sistemului de franje de interferență. Eventuala diferență dintre parcursurile celor două raze va fi, evident, provocată de antrenarea eterului datorită mișcării Pămîntului pe

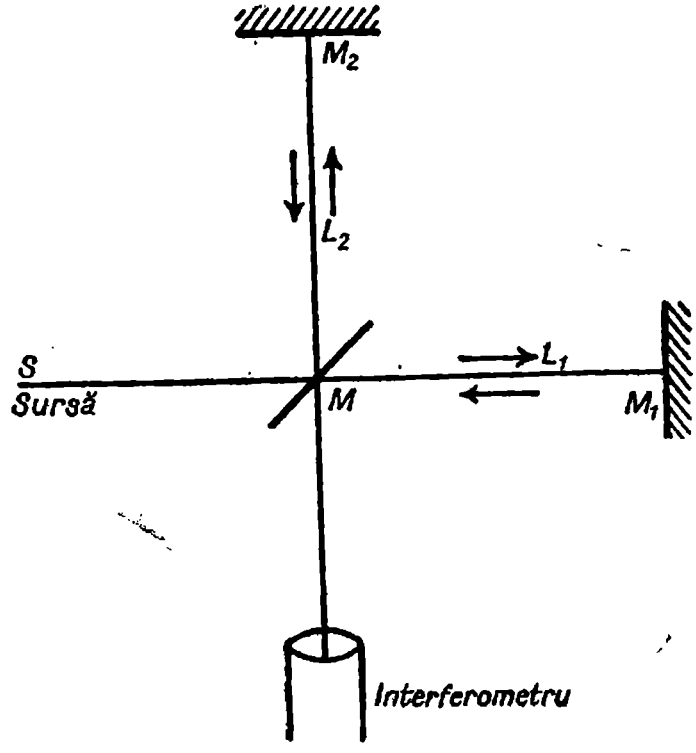


FIG. 6. EXPERIENȚA LUI MICHELSON.

orbită. Pămîntul parcurge 30 km pe secundă, iar mişcarea lui este aproape rectilinie şi uniformă într-un interval scurt. Această mişcare ar face deci să intervină termeni ca:

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{30}{300\,000} = 10^{-4}\,, \quad \beta^2 = 10^{-8}.$$

Precizia măsurărilor era suficient de mare pentru ca să dea posibilitatea manifestării unui asemenea efect. Cu toate acestea, rezultatele au fost complet negative[3].

Pentru a salva ipoteza existenţei unui eter compatibil cu aceste rezultate cinematice surprinzătoare, Fitzgerald (1893) şi Lorentz (1903) au admis atunci existenţa unui efect suplimentar: contracţia lungimilor în sensul mişcării.

Într-adevăr, rezultatul negativ al experienţei lui Michelson putea fi explicat presupunînd că toate corpurile (în special braţul L_1 al interferometrului), animate de o mişcare rectilinie şi uniformă, suferă o contracţie în raportul $1/\sqrt{1-\beta^2}$ în sensul mişcării. Era firesc totuşi să se creadă că această contracţie era şi ea măsurabilă. Au fost imaginate deci experienţe pentru a o pune sistematic în evidenţă. Însă şi încercările, foarte diferite, făcute de Rayleigh (1902), Brace (1904), Trouton şi Rankine (1908), Wood, Tomlinson şi Essen (1937) au continuat să se dovedească a fi negative.

Atunci s-a presupus că aceste experienţe erau trucate sistematic într-un fel oarecare. Prezenţa vîntului de eter era ascunsă de un fenomen primar (contracţia), mascat la rîndul lui de un fenomen secundar: variaţia masei cu viteza.

Dacă m_0 este masa unui corp oarecare în stare de repaus, mişcarea rectilinie şi uniformă îi conferă masa

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}\,.$$

Datorită unui şir de fenomene parazite în cascadă, care se prezentau ca o suită de împrejurări nenorocoase, eterul era claustrat într-o inexistenţă aparentă.

Or, variaţia masei cu viteza fusese prevăzută de teoria microscopică a lui Lorentz. Electronii, sursele cîmpului, aveau o structură deformabilă şi o masă electromagnetică care varia conform formulei precedente. Verificarea variaţiei masei cu viteza, realizată prin experienţele lui Guye şi Lavanchy, păreau să confirme ipoteza unei origini electromagnetice a masei şi deci prioritatea noţiunii de cîmp. Ea părea să manifeste şi intervenţia acelui efect parazit care înlătura orice posibilitate de constatare a vîntului de eter, oricare ar fi fost ordinul de aproximare ales.

Astfel, în starea ei definitivă, teoria lui Lorentz consacra deci existenţa şi supremaţia unui eter imobil, suport al cîmpului. Dar ea stabilea în acelaşi timp imposibilitatea riguroasă, nu de fapt, ci de drept, de a pune în evidenţă, cu ajutorul unei experienţe fizice oarecare, existenţa acestui eter.

[3] Experienţele efectuate mai tîrziu, în condiţii îmbunătăţite, de către Kennedy (1926), Illingworth (1927), Piccard şi Stahel (1928), Joos (1930) urmau să conducă şi ele la rezultate negative. De asemenea, variantele imaginate de Trouton şi Noble (1903), Trouton şi Rankine (1908), Chase (1927) şi Tomaschek (1927) nu au permis nici ele să se detecteze vreun vînt de eter.

CAPITOLUL III
Acustica

Încă de la începutul şi apoi în decursul primei jumătăţi a acestui secol foarte important pentru dezvoltarea ştiinţelor fizico-matematii, numele marilor personalităţi ale matematicii, acelea ale lui Lagrange, Laplace, Poisson, Gauss şi Cauchy, sînt legate de cercetările teoretice asupra fenomenelor vibratorii şi ondulatorii, în care sunetul ocupă, bineînţeles, un loc important.

Am fi deci conduşi să credem că istoria acusticii secolului al XIX-lea poate fi împărţită uşor într-o ramură teoretică şi în una exprimentală. În realitate, numai această din urmă ramură va constitui, la drept vorbind, adevărata ştiinţă a sunetelor, în timp ce multe din memoriile teoretice vor rămîne fără nici o urmare. Experimentatorii vor împrumuta însă idei şi sugestii din cercetările matematicienilor, astfel că în timp ce se cuvine să facem loc în această lucrare aceleia ce se poate chema acustica teoretică, trebuie să facem şi precizarea că singurele elemente care merită să fie menţionate şi scoase în evidenţă sînt cele care au servit de călăuză fizicienilor.

A. ACUSTICA TEORETICĂ

ANALIZA SUNETELOR. Lucrările lui Fourier (1822) asupra căldurii atrag atenţia asupra celebrelor serii trigonometrice al căror interes pentru interpretarea matematică a fenomenului sonor fusese remarcat de Ohm. Formula sinusoidală simplă care dă elongaţia y a vibraţiei în funcţie de amplitudinea A şi de perioada T,

$$y = A \sin\left(\frac{2\pi}{I}\right) t,$$

cedează locul unei reprezentări matematice mai generale

$$y = A_1 \sin \frac{2\pi}{T} (t - t_1) + A_2 \sin \frac{4\pi}{T} (t - t_2) + A_3 \sin \frac{6\pi}{T} (t - t_3) + \ldots,$$

astfel că fiecare sunet apare ca putînd fi descompus, în mod unic şi bine determinat, în sunete simple, adică în sunetul fundamental T şi în submultiplii acestuia, armonicele.

Gaspard Monge avea idee despre existența armonicelor și despre rolul lor în formarea timbrului încă de pe timpul cînd muzicieni ca Rameau, sau experimentatori ca Chladni, mai șovăiau în această privință. Descoperirea unui algoritm matematic adecvat, ca seriile lui Fourier, nu era însă suficientă ca să decidă asupra divergențelor dintre fizicieni, așa că analiza sunetelor nu putea depăși stadiul cu totul abstract al calculului matematic decît atunci cînd s-ar fi pus la punct un experiment care să izoleze armonicele. Aceasta a fost opera lui Helmholtz care a dovedit, între 1863 și 1877, cu ajutorul rezonatorilor lui, că armonicele pot fi extrase din sunetul total, așa cum se extrag culorile din lumina albă, deși nu ne dăm seama că se află acolo.

INTERFERENȚE. BĂTĂI. ACORDURI. Suprapunerea a două sunete este o problemă care se asociază firesc cu cea a analizei sunetului. Abordînd această problemă pentru cazul a două sunete simple, frații E.H. și W. Weber au crezut că pot obține un rezultat satisfăcător, folosind dezvoltarea în fracție continuă a raportului vibrațiilor lor. Dezacordul dintre rezultatele teoretice și cele experimentale l-a îndrumat, în 1831, pe Hällström spre o altă formulă, în care intervenea concomitent și diferența dintre numărul vibrațiilor. De-abia mult mai tîrziu, Helmholtz a reușit să elaboreze o teorie satisfăcătoare a bătăilor acustice, teorie care n-a fost pusă la punct decît de Terquem și Boussinesq. În 1890, W. Voigt a pus capăt controversei asupra tonurilor diferențiale și asupra tonurilor adiționale studiind sistematic ecuația vibrațiilor pentru o mișcare compusă din două vibrații simple. Studiul acordurilor, care constă, în forma lui teoretică, din combinații și transformări de mișcări, a dat loc la diferite cercetări matematice rămase fără nici un rezultat mai însemnat sau durabil. Trebuie să notăm, în schimb, că schema teoretică a calculului interferențelor a fost un imbold pentru noi experimentări. Tratarea matematică generală a fenomenelor vibratorii a sugerat căutarea de analogii între fenomenele luminoase și cele sonore, iar succesele obținute pentru interferență, reflexie și refracție, în domeniul sunetelor, dovedesc că rezultatele matematice au adesea o importanță mai mică decît forma lor și decît metodele de gîndire în care își au obîrșia.

PROPAGARE ȘI UNDE. A vorbi despre reflexie și refracție înseamnă a trece într-o altă perspectivă: sunetul este o vibrație care se propagă. Între 1815 și 1840, au fost consacrate studiului propagării vibrațiilor un foarte mare număr de memorii matematice. Cauchy se ocupă în special de lumină și arată în lecțiile sale din 1830, de la Collège de France, că vibrațiile transversale sînt singurele care se propagă în cazul luminii, aducînd astfel un ajutor prețios teoriei lui Fresnel. Cu toate că Cauchy, care era preocupat de fundarea mecanicii mediilor elastice, nu a făcut altceva decît să atingă în treacăt problema undelor sonore, lucrările lui au generat totuși dezvoltări utile pentru tratarea matematică a propagării ondulatorii în care vibrațiile transversale se pot contopi cu vibrațiile longitudinale. A fost pus astfel în lumină rolul pe care condițiile la limită îl au în definirea stării vibratorii și în generarea integralelor ecuațiilor diferențiale. Așa cum au arătat mai multe studii referitoare în special la tubu-

rile sonore, dificultăţile de aplicare la acustică provin însă tocmai din incertitudinea condiţiilor la limită.

Printre lucrările teoretice mai importante trebuie citată cea a lordului Rayleigh asupra fenomenelor de rezonanţă, bazată pe ideea cuplării, împrumutată de la Huygens, în care acţiunea alternantă a excitatorului şi a receptorului este analizată pe baza principiului conservării energiei. Dezvoltarea ecuaţiilor mişcării, care permit determinarea dependenţei reciproce a amplitudinii, fazei şi energiei, se datoreşte lui Rayleigh. În 1868, Kirchhoff a studiat problema amortizării, iar în 1896, Wien a arătat influenţa acesteia în cuplarea acustică: energia maximă nu corespunde amplitudinii maxime.

Modificarea lungimii de undă a unei mişcări vibratorii, prin deplasarea sursei sau observatorului, este şi ea unul din rezultatele însemnate ale cercetărilor teoretice care trebuie subliniat. Datorită lui Doppler, în 1842, această descoperire urma să prilejuiască aplicaţii deosebit de importante în domeniul luminii şi al astrofizicii. În domeniul fenomenelor sonore, dezvoltarea căilor ferate a pus la dispoziţie, prin fluierul locomotivelor, un cîmp de experimentare, la îndemîna tuturor, a acestei descoperiri care a stimulat şi cercetări de laborator.

STĂRILE VIBRATORII ALE CORPURILOR. Vibraţia aerului, care produce sunetul, este un aspect, iar starea vibratorie a corpurilor, care provoacă emisia sunetelor, este un altul. Dacă ţinem seama de importanţa pe care o aveau în ochii matematicienilor problema elasticităţii şi cea a mecanicii mediilor continue, nu trebuie să ne mirăm cînd vedem că, încă de la începutul secolului, propagării vibraţiilor într-un sistem material i se consacrau cercetări speciale. Laplace, în 1817, şi Poisson, în 1819, elaborează teoria vibraţiilor longitudinale într-o bară. Figurile pe care le prezintă suprafeţele elastice în stare de vibraţie (a se vedea figurile acustice ale lui Chladni) fac obiectul unor studii matematice din partea Sophiei Germain şi a lui Poisson (1811—1829). În 1850, Kirchhoff demonstrează însă că teoria Sophiei Germain este inaplicabilă şi că aceea a lui Poisson se aplică numai unor cazuri particulare. De fapt, eforturile pur teoretice generate de fenomenul plăcilor vibrante au fost de mai mult folos dezvoltării mecanicii generale a elasticităţii şi analizei ecuaţiilor cu derivate parţiale, decît acusticii însăşi. Totuşi, ar fi nedrept să le tăgăduim interesul.

B. ACUSTICA EXPERIMENTALĂ

ANALIZA SUNETELOR. Aparatura şi metodologia experimentală necesară analizei sunetelor nu s-au dezvoltat decît mai tîrziu. Metoda grafică, care constă din transmiterea vibraţiilor de studiat la un vîrf metalic capabil să lase urma deplasărilor lui pe un disc sau pe un cilindru rotativ acoperit cu negru de fum, a fost imaginată în 1840 de Duhamel, în timp ce dispozitivele optice care per-

mit observarea unui spot luminos, supus vibrațiilor, au fost introduse de Lissajous și adaptate de Helmholtz abia între 1857 și 1863.

Pentru promovarea creării de aparate care să permită analiza sunetelor, era necesar să se studieze fenomenul de rezonanță, cunoscut încă din antichitate și folosit în mod cu totul empiric de constructorii instrumentelor muzicale. Rezonatorii lui Helmholtz sînt o urmare a lucrărilor fraților Weber asupra notelor pe care anumite corpuri (coardele de pian, diapazonul) le pot emite prin rezonanță și asupra proprietăților de absorbție ale masei de aer dintr-un recipient față de vibrațiile care nu corespund perioadei fundamentale simple, caracteristică instrumentului. Punînd în legătură niște rezonatori cu un manometru cu flacără, R. König dă posibilitatea ca starea lor vibratorie să fie făcută vizibilă prin folosirea unei oglinzi rotative. El construiește astfel, în 1864, un adevărat analizor de sunete care confirmă în același timp principiul de bază al rezonanței: izolarea sunetelor proprii și simple.

În 1852, este pusă la contribuție, de către Dove, electricitatea, pentru a produce, cu ajutorul unui electromagnet și al unui curent întrerupt și restabilit alternativ, o stare vibratorie. A trebuit să vină însă anul 1884 pentru ca Melde să studieze, cu echipamente asemănătoare, vibrațiile transversale ale unei coarde întinse, și anul 1887 pentru ca Puluj să completeze dispozitivul punînd în evidență starea vibratorie prin iluminarea intermitentă cu o lampă cu fosforescență. Krigar-Menzel și Raps reușesc să dea acestui material experimental întreaga lui capacitate de cercetare, adăugîndu-i, în 1891 și 1893, un dispozitiv fotografic. Trebuie să mai notăm că metodele stroboscopice fuseseră puse în evidență, încă din 1866, de Töpler care, sub influența lui Boltzmann, elaborase în 1870 și o metodă bazată pe interferența razelor luminoase emise de o sursă intermitentă, din care unele traversează un strat de aer liniștit, iar altele un strat de aer vibrant.

Dezvoltarea experimentării a dat posibilitatea să se corecteze rezultatele lui Helmholtz în legătură cu vocea omenească (diferitele vocale nu sînt caracterizate prin tonuri absolut fixe, ci prin înălțimi de ton determinate, adică prin rapoarte fixe de vibrație; Raps, 1893) și să se precizeze influența fazei (W. Thomson, 1878): variația timbrului cu pozițiile diferitelor faze este imputabilă numai interferenței armonicelor (L. Hermann, 1896; Lindig, 1903). Limitele de perceptibilitate a sunetelor, puterea de separare a urechii, sensibilitatea ei la diferitele înălțimi ale sunetelor și perceperea timbrului au făcut obiectul unor numeroase cercetări în care regăsim numele lui Helmholtz, Boltzmann și Töpler. Helmholtz s-a ocupat în special de verificarea unui rezultat al lui Weber asupra sensibilității urechii (distingerea a două sunete al căror raport de vibrație este 1000:1001) folosind fibrele elastice descoperite în organul auditiv de medicul italian Corti (1846). Helmholtz a mai studiat de asemenea consonanța și disonanța, pornind de la coincidența sau decalajul armonicelor.

INTERFERENȚA. Numele fraților Weber este legat de primele experiențe de interferență și de studiul punctelor de tăcere din jurul unui diapazon ale cărui brațe sînt în stare de vibrație (1825). J. Herschel a construit, în 1835, un aparat

dintr-un tub de sticlă cu două ramificaţii ale căror lungimi diferă între ele cu o semilungime de undă. Acest aparat a fost perfecţionat, în 1886, de Quincke şi König astfel ca să redea obiectiv dispariţia sunetului. Aparatul lui König se compune dintr-un tub care primeşte sunetul de la un diapazon prin intermediul unui rezonator şi care se bifurcă în două braţe ajungînd, fiecare, la cîte o capsulă manometrică. Fiecare braţ este prevăzut cu o culisă care permite să i se modifice lungimea; flacăra comandată de manometru şi studiată cu ajutorul unei oglinzi rotative face ca interferenţele să devină vizibile.

Un alt tip de experienţă este acela oferit de aparatul lui Hopkins, compus dintr-o placă vibrantă, împărţită în sectoare prin linii nodale, al cărei sunet este captat cu un tub în formă de Y întors. Atunci cînd cele două orificii de captare sînt amplasate pe două sectoare alăturate ale plăcii, se obţine, la ieşirea comună, anularea sunetului.

Fenomenul de interferenţă nu este însă rezervat numai suprapunerii vibraţiilor de aceeaşi frecvenţă. G. Andreas Sorge observase în 1744, iar Giuseppe Tartini în 1754, tăcerile care se produc la suprapunerea a două sunete şi folosul care se putea trage din acest fenomen pentru acordarea instrumentelor muzicale. Hällström a evidenţiat în 1832 rolul pe care îl joacă diferenţa dintre numerele de vibraţii. Acest rezultat a fost confirmat teoretic de Helmholtz, în 1856, care a arătat însă că în afară de tonurile „diferenţiale" mai intervin şi tonuri „adiţionale", şi a ridicat problema obiectivităţii unora şi a celorlalte. Quincke a stabilit, în 1866, cu ajutorul aparatului său de interferenţe, că anumite sunete rezultante, percepute din suprapunerea a două sunete date, se manifestă numai în ureche, fără să aibă o existenţă obiectivă.

König a emis în 1876 ideea, sugerată mai de mult de Lagrange, că tăcerile pot fi percepute ca şocuri şi că, dacă frecvenţa lor este suficient de mare, din ele rezultă subiectiv un fel de sunet.

PROPAGARE ŞI UNDE. Viteza sunetului în aer a făcut obiectul unor măsurări din ce în ce mai precise, pe măsură ce materialul experimental se perfecţiona.

În 1822, în împrejurimile Parisului, din două staţiuni (Villejuif şi Montlhéry), aflate la o distanţă de aproximativ 18,6 km, Arago şi Prony, utilizînd lovituri de tun trase alternativ din 5 în 5 min, au obţinut rezultatul de 331,2 m/s, în timp ce o comisie olandeză, care a efectuat ceva mai tîrziu încercări asemănătoare la Amsterdam, a găsit valoarea de 332,26 m/s.

Cu scopul de a elimina erorile personale datorate observatorilor, Regnault a reluat în 1868 experienţele directe, făcînd să se înregistreze automat la postul de observaţie, cu ajutorul unui dispozitiv electric, intervalul de timp de la emisia pînă la sosirea sunetului. Rezultatul mediu pe care l-a obţinut (330,7 m/s) a fost confirmat şi de experienţele lui Le Roux.

Totuşi, măsurarea directă a vitezei sunetului este o operaţie hazardată, supusă la numeroase erori. Încă din secolul al XVIII-lea se bănuia influenţa pe care putea să o aibă temperatura şi umiditatea. Pe de altă parte, încercările lui Regnault confirmaseră fenomenul care îl preocupase şi pe Laplace, anume că viteza de propagare este mai mare la sunetele cu o intensitate mai

ridicată. Din această cauză, au început să fie folosite din ce în ce mai mult metodele indirecte.

Aerul nu este însă singurul suport al vibrațiilor sonore. Toate gazele transmit și ele sunetul. Newton arătase că viteza de propagare trebuie să fie invers proporțională cu rădăcina pătrată a densității gazului $v = \sqrt{\frac{p}{d}}$ (în care p este presiunea, iar d densitatea). Această formulă, contrazisă în decursul secolului al XVIII-lea de diferite experiențe, a fost îmbunătățită de Laplace care a introdus raportul căldurilor specifice ale gazului considerat la presiune constantă și la volum constant:

$$v = \sqrt{\frac{p}{d} \cdot \frac{C}{c}}.$$

Această corecție a fost confirmată printr-o întreagă serie de experiențe efectuate în 1829 de Dulong.

Viteza sunetului în lichide și în solide a preocupat și ea pe fizicieni. Trebuie citate experiențele făcute de Colladon și Sturm în lacul Leman (1828) cu privire la viteza sunetului în apă (1435 m/s), experiențe care se bazau pe o metodă directă, precum și cele ale lui Cagniard de Latour (1835) și Wertheim (1849) bazate pe o emisie de sunete provocată în diferite moduri într-o coloană lichidă conținută într-un tub. Experiențele efectuate de Biot și Wertheim în legătură cu transmisia sunetului în solide, la care nu se putea folosi decît metoda directă, s-au lovit de dificultăți considerabile: necesitatea de a se folosi un material de suport (tuburi de fontă, fire de telegraf) de lungime mare și sursele de erori care rezultă din cauza îmbinărilor sau a punctelor de legătură.

Deși reflexia undelor sonore pe obstacolele rigide era un fenomen cunoscut de multă vreme și folosit în cazul ecoului și la megafoane, totuși secolul al XIX-lea a reușit să aducă și în acest domeniu o contribuție remarcabilă. Trecerea de la un mediu mai dens la unul mai puțin dens provoacă fenomenul de reflexie. Confirmarea acestei descoperiri a fost făcută de frații Weber în lucrarea lor *Wellenlehre* (1825), iar Tyndall a observat în 1874, la Douvres, același fenomen, studiind eficacitatea semnalelor sonore în caz de ceață. El a reprodus fenomenul în laborator interpunînd între un tub sonor și o flacără sensibilă un strat de aer cald care acționa ca ecran.

De asemenea, undele sonore dau loc, ca și undele luminoase, fenomenului refracției. Sondhauss a experimentat fenomenul în 1852, folosind o lentilă de colodiu umplută cu gaz carbonic, mai dens ca aerul, ceea ce i-a permis să obțină o imagine a sursei sonore. Problema este supusă de Hajech, în 1858, unor considerații teoretice. Spre sfîrșitul secolului, Hesehous (1890) experimentează cu o emisferă împletită din fire de fier și umplută cu vată sau cu puf, Neyreneuf (1894) cu lentile biconcave din cauciuc, iar Perrot și Dussaud (1895) cu un butoi plin cu apă, limitat printr-o membrană de cauciuc.

Experiențele au arătat că, la fel ca și în optică, indicele de refracție este egal cu raportul dintre vitezele de propagare.

Se mai constată, în fine, că undele sonore sînt purtătoare de energie. Atenţia pe care fizicienii au acordat-o acestui aspect al fenomenelor fizice urma să genereze în mod necesar noi cercetări în acustică. Warburg face, între 1868 şi 1870, o întreagă serie de experienţe, scoţînd în evidenţă efectele calorice produse de toate corpurile vibrante şi, în special, de coloanele de aer în vibraţie. În 1872, Champion şi Pellet dovedesc acţiunea chimică a sunetului asupra acidului iodic conţinut într-un balon, acţiune care poate provoca o explozie.

CORPURILE VIBRANTE. În ceea ce priveşte coardele, experienţele lui Melde (1860—1864) aduc un element nou prin scoaterea în evidenţă a influenţei pe care o are modul de excitaţie. La un diapazon, de exemplu, dacă coarda este conţinută în planul braţelor (excitaţie longitudinală), atunci sunetul scos de ea este octava gravă a diapazonului. Dacă planul diapazonului este perpendicular pe coardă (excitaţie transversală), se obţine, dimpotrivă, un acord la unison.

În legătură cu plăcile vibrante, trebuie menţionate lucrările lui Strehlke, care confirmă rezultatele lui Chladni pentru cazul formei circulare. În ceea ce priveşte forma rectangulară însă, secolul al XIX-lea se sfîrşeşte cu încercările lordului Rayleigh (1880) şi ale lui Tanaka (1887), fără să se fi ajuns la ceva concludent.

În domeniul tuburilor sonore, secolul al XIX-lea este marcat prin descoperirea unor fenomene importante, corespunzătoare experienţei seculare a constructorilor de orgi. În 1829, Dulong determină, pe cale experimentală, corecţia care trebuie adusă lungimii, pentru a se obţine înălţimea sunetului fundamental într-un tub închis la o extremitate. Cam în aceeaşi vreme, F. Savart studiază tuburile cu secţiune transversală dreaptă şi arată că în timp ce forma acestora nu are nici o influenţă asupra frecvenţei în anumite condiţii ale orificiului de intrare a aerului, natura pereţilor intervine, în schimb, în înălţimea sunetului. Hopkins observă, în 1838, poziţia nodurilor dintr-o coloană de aer vibrantă. Din lucrările experimentale rezultă că nodurile şi ventrele nu ocupă, în apropiere de extremităţi, poziţiile teoretice prevăzute ca funcţie simplă de lungimea de undă. Între 1848 şi 1850 Wertheim studiază aceste perturbaţii, imputabile în parte reflexiilor pe extremităţile deschise, iar Helmholtz prezintă, în 1859, teoria completă a „lungimilor reduse" ale tuburilor de orgă. Corecţiile aduse arată că metoda indirectă de măsurare a vitezei sunetului, după sunetul emis de un tub şi pe baza raportului dintre lungimea tubului şi lungimea de unde, trebuie folosită şi ea cu mari precauţii.

NOILE INSTRUMENTE. Metodele experimentale de înregistrare grafică a sunetelor au inspirat descoperirea de către Edison, în 1877, a principiului fonografului, un instrument care, în realitate, este inversul a ceea ce etimologia înţelege prin acest termen. Fonograful înregistrează, dar şi restituie apoi sunetele, devenind astfel un gramofon. Aparatul acesta, destinat unui viitor strălucit,

va avea nevoie totuși de peste 30 de ani, după descoperirea principiului lui, pentru a fi pus la punct.

Telefonul, bazat pe transformarea energiei sonore în electricitate și pe transformarea inversă, este și el o cucerire a secolului al XIX-lea. Invenția lui este datorată acusticianului Graham Bell (1847—1922) care și-a consacrat în mod special eforturile studiului sunetelor vocale, fiindcă se ocupa de educarea surdomuților. Aceeași descoperire a fost făcută aproape concomitent și de un simplu tehnician, Elisha Gray (1855—1901), dar n-a putut deveni cu adevărat practică decît după construirea microfonului de către David Hughes (1831—1900).

Trebuie să mai subliniem, în fine, că secolul al XIX-lea a asistat la apariția unor noi instrumente muzicale, în special a saxofonului și tubelor lui Verdi, precum și la răspîndirea folosirii metalelor în construcția flautelor și a altor instrumente de suflat.

CONCLUZII. Ne-am străduit să oferim cititorului un fir conducător printr-o materie complexă și foarte extinsă. Am fost obligați totuși să lăsăm deoparte numeroase fapte, să omitem numele a numeroși cercetători și să nu înregistrăm unele rezultate importante. Am pornit de la premisa, că, clasificarea precisă a ideilor și a structurii gîndirii are o importanță mai mare decît juxtapunerea cunoștințelor. Sperăm că procedînd astfel le-am oferit o inițiere corectă celor care, dorind să cunoască detalii mai precise, le vor putea afla cu ușurință în înseși operele marilor autori. Acustica secolului al XIX-lea este o știință-martor, o răspîntie la care se încrucișează toate progresele matematicii și ale celorlalte ramuri ale fizicii, la care apar fapte experimentale noi, generatoare de aparate cu mari consecințe culturale și sociale.

CAPITOLUL IV
Electricitatea şi magnetismul (1790-1895)

Atunci cînd a început Revoluţia franceză, toate principiile fundamentale ale electrostaticii şi ale magnetostaticii fuseseră descoperite. Franklin precizase noţiunea de sarcină electrică, pentru ca să enunţe apoi principiul conservării cantităţii de electricitate. Cavendish definise capacitatea unui conducător şi gradul lui de electrizare (care va fi numit mai tîrziu potenţial), iar Coulomb stabilise legea proporţionalităţii inverse cu pătratul distanţei pentru interacţiunea sarcinilor (sau a „maselor") electrice şi a polilor magnetici. Tot el începuse studiul experimental şi teoretic al distribuţiei electricităţii pe suprafaţa conductorilor, admisese că nu există poli magnetici liberi şi că magnetizarea unui corp este definită de momentul lui magnetic care rezultă, probabil, din momentele magnetice individuale ale tuturor moleculelor lui (a se vedea vol. II, pp. 560—571).

Anul 1790 marchează începutul uneia din cele mai strălucite perioade din toată istoria ştiinţelor, perioadă care urma să ducă la descoperirea de către Volta a pilei electrice şi a curenţilor permanenţi, pentru ca să ne dezvăluie apoi legăturile dintre electricitate şi magnetism, dintre electricitate şi materie, şi ca să deschidă, în fine, calea întregii industrii electrice moderne. Înainte de a expune însă această revoluţie excepţională, vom arăta felul în care fizico-matematicienii de la începutul secolului al XIX-lea au continuat lucrările lui Cavendish şi Coulomb, desăvîrşindu-le legătura cu principiile fizicii newtoniene.

A. GENEZA TEORIEI POTENŢIALULUI

POTENŢIALUL NEWTONIAN. Opera succesorilor imediaţi ai lui Cavendish şi Coulomb a fost, în esenţa ei, matematică. Ei au dezvoltat teoria potenţialului, adică a acţiunilor care variază invers proporţional cu pătratul distanţelor, şi au aplicat-o la electricitate şi magnetism, pregătind astfel introducerea, prin calcul, în fizică, a noţiunii de cîmp de forţă şi — într-un mod mai general — a cîmpului vectorial.

Lagrange concentrase și simplificase încă din 1777 teoria atracției, definind, în fiecare punct al spațiului, o funcție „sumă a tuturor maselor de atracție, împărțite, fiecare dintre ele, prin distanța lor la acest punct" care nu reprezintă altceva decît „potențialul newtonian" și care este suficientă pentru calculul tuturor forțelor.

În 1782, Laplace a arătat că funcția aceasta, $V\ (x, y, z)$, satisface (în afară de ecuația maselor care se atrag) și o ecuație cu derivate parțiale — „ecuația lui Laplace" — devenită celebră și foarte importantă în întregul domeniu al matematicii.

OPERA LUI POISSON. În 1813, Poisson a extins aceste calcule la regiunile conținînd materie (sau electricitate), repartizate cu o anumită densitate. El a reușit să elaboreze o ecuație, care îi poartă numele, mai generală decît ecuația lui Laplace, și care este „expresia locală", ceva cam abstractă, a unei teoreme descoperite de Green în 1837 și apoi regăsită sub alte forme de M. Chasles în 1837 și de Gauss în 1839: fluxul de forță[1] care iese dintr-o suprafață închisă este egal cu de 4π ori suma algebrică a sarcinilor electrice (sau a maselor care se atrag) aflate în interiorul acestei suprafețe. Însă noțiunea de flux de forță nu urma să fie desprinsă decît mai tîrziu de unii matematicieni, precum și — pe o cale independentă și mai intuitivă — de Faraday, în 1831.

În aceeași lucrare, Poisson reușește să rezolve riguros o problemă a cărei soluție teoretică aproximativă Coulomb o căutase mai de mult, după ce o studiase cu exactitate experimental. Este vorba de problema distribuției electricității pe un sistem de două sfere.

Pornind de la principiul „că rezultanta acțiunilor stratelor electrice superficiale care acoperă conductorii, asupra unui punct oarecare luat în interiorul acestora, trebuie să fie nulă", el deduce mai întîi că funcția V trebuie să fie constantă în tot volumul conductorului (al cărui grad de electrizare îl măsoară) și apoi obține, printr-un calcul dificil, formule explicite pentru densitatea electricității în fiecare punct al suprafeței sferelor, formule care verifică de fapt datele experimentale ale lui Coulomb.

G. GREEN ȘI C. F. GAUSS. George Green, în *Essay on the Application of Mathematical Analysis to the Theory of Electricity and Magnetism*, a dat funcției V numele de „funcție potențială". În această lucrare — apărută în 1828, dar rămasă aproape necunoscută pînă la retipărirea ei în 1850 — Green precizează proprietățile acestei funcții și se servește de ea ca să demonstreze anumite teoreme importante atît pentru matematică, în general, cît și pentru electricitate și magnetism, printre ele numărîndu-se teorema „ecranelor electrice" atît de folositoare în practică, pe care Faraday o va regăsi în 1837 pe cale experimentală.

Gauss a folosit cuvîntul „potențial" independent de Green, în lucrarea sa din anii 1839—1840: „Teoreme generale asupra forțelor de atracție și de repulsie care acționează în raport invers cu pătratul distanței".

[1] Pe care îl numim astăzi, cu mai multă precizie — inspirîndu-ne din ideile lui Maxwell și ale lui Faraday — flux de inducție.

POISSON ŞI TEORIA MAGNETISMULUI. În ceea ce privește știința magnetismului, tot Poisson a fost acela care i-a pus bazele definitive în foarte frumosul său *Mémoire sur la théorie du magnetisme*, prezentat Academiei din Paris în 1824. Şi aici el pornește de la ideile lui Coulomb:

„În actul magnetizării, cele două fluide, boreal și austral, care se aflau reunite în stare neutră, s-au îndepărtat foarte puțin unul de altul", dacă nu „în înseși moleculele corpurilor magnetizate", în orice caz în domenii „ale căror dimensiuni sînt totdeauna extrem de mici".

Trebuie remarcată ezitarea lui Poisson de a vorbi mai precis de ipoteza moleculară, în timp ce ipoteza fluidelor magnetice i se pare cu totul firească. Această atitudine este caracteristică multor savanți din epoca aceea; cu toate acestea, Ampère formulase mai de mult teoria „curenților moleculari".

După ce stabilește acest principiu, Poisson definește starea unui corp magnetic prin *magnetizarea* sa, o mărime orientată sau un vector, care poate varia în mod continuu sau discontinuu de la un punct la altul şi care măsoară local momentul magnetic al unității de volum. El calculează apoi potențialul (pe care nu-l numește așa) în orice punct exterior, precum și „intensitatea magnetică" (cîmpul) produse de o distribuție dată a magnetizării în interiorul corpurilor, arătînd că polii magnetici apar în regiunile spre care converge sau diverge acest din urmă vector.

Apoi abordează teoria magnetizării prin influență:

El presupune că o substanță magnetică — ca de exemplu fierul moale — este constituită dintr-un număr mare de mici sfere „perfect conductoare pentru fluidele magnetice". Aceste fluide se deplasează sub acțiunea unui cîmp exterior şi se acumulează de o parte și de alta a suprafeței sferelor, astfel ca să le anuleze cîmpul interior (întocmai cum ar face fluidele electrice într-o sferă de cupru); deplasarea conferă fiecărei sfere un moment magnetic, iar substanței considerate o magnetizare proporțională cu volumul ocupat de sfere în unitatea de volum.

În legătură cu aceasta, el ajunge să calculeze cîmpul dintr-o cavitate sferică, practicată în interiorul unui magnet.

Cu toate că unele din ipotezele de bază ale lui Poisson — aceea a fluidelor magnetice și a sferelor conductoare — nu au putut fi menținute, totuși aceste idei noi și fecunde au fost analizate şi precizate în cursul secolului al XIX-lea, în special de William Thomson. Dar rezultatele esențiale obținute de Poisson s-au menținut intacte, iar teoria lui a rămas clasică.

TEORIA DIELECTRICILOR. În 1847, Mossotti a transpus ideile lui Poisson la cazul dielectricilor, ale căror proprietăți Faraday le regăsise — după Cavendish — cu zece ani înainte. Calculele sale au devenit baza teoriei polarizării dielectricilor. Formula stabilită de Poisson pentru cîmpul cavităților sferice a căpătat, în teoria dielectricilor, numele lui Lorentz (care i-a discutat condițiile de valabilitate).

B. INVENŢIA PILEI

EXPERIENŢELE LUI GALVANI. În 1780, Luigi Galvani (1737—1798) a făcut o observaţie întîmplătoare pe care a publicat-o de-abia în 1791 în memoriul *De viribus electricitatis in motu musculari.*

„După ce am disecat şi preparat o broască, am pus-o pe o masă pe care se găsea, la o oarecare distanţă, o maşină electrică. Din întîmplare, unul din asistenţii mei a atins cu vîrful scalpelului nervul crural intern al broaştei: imediat muşchii membrelor au fost agitaţi de convulsii violente". Unui alt asistent „i s-a părut că a observat în acelaşi moment cum din conductorul maşinii a ţîşnit o scînteie. Eu eram ocupat atunci cu altceva, dar cînd mi s-a atras atenţia asupra acestui fapt, dorii mult să încerc eu însumi experienţa şi să-i descopăr principiul ascuns".

Deci Galvani şi-a dat seama imediat că fusese o descoperire importantă. Descoperise un detector extrem de sensibil la curenţi, sau la descărcări electrice, al căror studiu era încă defectuos; acest detector urma să-i dezvăluie curînd un mod de producere a electricităţii (în afara frecării şi a influenţei electrostatice, cunoscute pe atunci). El s-a apucat imediat să varieze condiţiile experimentale.

Într-o zi bîntuită de furtună, el a constatat că electricitatea atmosferică putea produce aceleaşi efecte ca şi maşina sa. Pe vreme liniştită nu a putut observa nici un fenomen, pînă într-o zi, cînd, după ce fixase în măduva spinării unei broaşte un cîrlig de cupru, a închis circuitul agăţînd cîrligul de un grilaj de fier: spasmele au apărut în aceeaşi clipă.

La început, Galvani a atribuit aceste efecte, destul de uşor de reprodus, variaţiilor stării electrice a atmosferii „fiindcă este destul de uşor ca atunci cînd facem experienţe să ne înşelăm şi să ne închipuim că vedem ceea ce dorim să vedem".

„Am adus atunci animalul într-o cameră închisă şi l-am pus pe o placă de fier. Cînd am atins placa cu cîrligul de cupru fixat în măduva spinării, am observat aceleaşi contracţii spasmodice ca şi mai înainte. Am încercat şi cu alte metale şi am obţinut acelaşi rezultat, mai mult sau mai puţin violent. Nu se producea nici un efect atunci cînd se foloseau materiale neconductoare. Acest fapt, destul de surprinzător, m-a făcut să bănuiesc că electricitatea era inerentă animalului, bănuială care mi-a fost confirmată cînd am observat că un fel de circuit nervos foarte fin (asemănător cu circuitul electric al buteliei de Leyda) se închide între nervi şi muşchi atunci cînd se produc contracţiile."

Galvani s-a preocupat toată viaţa lui de *teoria electricităţii animale* şi de comparaţia cu butelia de Leyda, nervul fiind armătura internă, iar muşchiul armătura externă[2].

[2] Cercetările ulterioare asupra electricităţii animale sînt enumerate în studiul lui G. Canguilhem (p. 489).

INTERVENŢIA LUI VOLTA. Pe vremea aceea, Alessandro Volta (1745—1827) era, încă din 1779, profesor la Universitatea din Pavia. El descoperise în 1771 electroforul, prima maşină electrică cu influenţă — mai comodă din multe puncte de vedere decît maşinile cu frecare — care i-a dat posibilitatea atît lui, cît şi contemporanilor lui, să facă numeroase experienţe noi. În 1781, Volta construise un electrometru sensibil cu fire de pai, care nu era decît o perfecţionare a unui aparat al lui Dufay şi care a fost transformat, la rîndul lui, în 1787, de Bennet, într-un electrometru cu foiţe de aur. În 1782, după ce a subţiat la extrem lama izolantă a electroforului, transformînd-o într-un simplu strat de lac care acoperea o placă metalică, Volta şi-a realizat „condensatorul" său. Cuvîntul — devenit clasic — îi aparţine lui, însă aparatul nu se deosebeşte în principiu de placa de sticlă a lui Franklin. Cu ajutorul acestui condensator asociat cu un electrometru, Volta urma să pună mai tîrziu în evidenţă, direct, electricitatea dezvoltată prin contactul metalelor. Vom mai semnala, în fine, eudiometrul, cu ajutorul căruia s-a făcut sinteza apei prin scîntei.

În 1792, Volta înţelege importanţa descoperirii lui Galvani, îi reface experienţele şi îi acceptă teoria. Precizînd observaţiile făcute în 1754 de elveţianul Sulzer, el observă, în 1793, că dacă se pune limba între două rondele metalice de natură diferită, legate printr-un fir metalic, se simte o senzaţie acidă sau alcalină (după ordinea celor două metale) şi că senzaţiile sînt aceleaşi dacă se pune limba pe un conductor care comunică cu polul negativ sau pozitiv al unei maşini electrice. Aceste experienţe foarte simple i-au permis să schiţeze o clasificare „electrică" a metalelor.

Toate acestea l-au determinat ca la sfîrşitul anului 1793 să respingă complet teoria „electricităţii animale" a lui Galvani. El demonstrează că muşchii broaştei nu se contractă dacă „arcul" care închide circuitul este construit dintr-un singur metal bine recopt.

PRIMA PILĂ ELECTRICĂ. Expresia cea mai clară a ideilor pe care le avea Volta, cu puţin înainte de inventarea pilei, o găsim într-o scrisoare adresată lui Green, scrisă în 1796:

„Atingerea diferiţilor conductori, în special metalici..., pe care i-aş numi conductori uscaţi, sau de prima categorie, cu conductorii umezi, sau de categoria a doua, provoacă fluidul electric şi îi imprimă un anumit impuls, sau o anumită incitare. N-am posibilitatea să explic deocamdată cum de se-ntîmplă acest lucru, dar este de ajuns că avem de-a face cu un fapt, şi încă cu un fapt general. Această incitare — fie ea o atracţie, o repulsie sau un impuls oarecare — este variată şi inegală atît în raport cu diferenţa dintre metale, cît şi cu diferiţii conductori umezi... În felul acesta, ori de cîte ori se aşază într-un şir complet de conductori fie un conductor de a doua categorie între doi conductori de categoria întîi, diferiţi între ei, fie un conductor din prima categorie între doi conductori din a doua categorie de asemenea diferiţi între ei, se stabileşte — la dreapta sau la stînga, după forţa predominantă — un curent electric sau o circulaţie a acestui fluid, care nu încetează decît rupînd şirul şi care se restabileşte imediat, de fiecare dată cînd şirul este refăcut".

Principiul nu putea fi degajat mai limpede, însă efectele observate continuau să rămînă reduse: mușchii de broască și senzația gustului pe limbă erau deocamdată detectorii cei mai folosiți. În același an însă, în 1796, Fabbroni din Florența observă că dacă se scufundă în apă două lame din metale diferite care se ating între ele, atunci una din ele — zincul de exemplu — se oxidează. El a înțeles că între cele două fenomene, electric și chimic, trebuia să existe o legătură.

La începutul anului 1800, Volta și-a inventat pila. Intensitatea fenomenelor observate devenea spectaculoasă și urma să atragă atenția lumii întregi. Prima publicare a descoperirii sale a fost făcută într-o scrisoare adresată în martie 1800 lui Sir Joseph Banks, președintele lui Royal Society. Se știe că aparatul lui era o pilă din perechi de discuri zinc-cupru în contact direct, fiecare pereche fiind separată de următoarea prin carton umed.

FENOMENELE ELECTROLITICE ȘI INTERPRETAREA LOR. În aceeași scrisoare se află demonstrația — făcută cu ajutorul electroscopului cu condensator — a faptului că o lamă de cupru și o lamă de zinc, aflate în atingere, prezintă, atunci cînd sînt separate, o sarcină negativă pe cupru și o sarcină pozitivă pe zinc. „Electricitatea animală" a lui Galvani s-ar fi putut numi deci tot așa de bine „electricitate metalică", fiindcă nu se deosebea cu nimic de electricitatea obișnuită.

O scrisoare din luna august a anului 1801 insistă și ea asupra acestui aspect:

„Acțiunea pilei este echivalentă cu aceea a unei foarte mari baterii electrice slab încărcate, a cărei sarcină s-ar restabili permanent și instantaneu".

La 7 și la 20 noiembrie 1801, Volta își prezintă aparatul la Institut de France, de față cu Bonaparte, care dispune să i se acorde o medalie de aur. Un raport al lui Biot relatează punctele esențiale ale acestei comunicări. În timp ce Volta folosea, de o oarecare bucată de vreme, cuvintele „tensiunea fluidului electric", fără să le definească exact, în raportul lui Biot se găsește enunțată limpede „legea tensiunilor": două metale, între care se află intercalate alte metale, se comportă ca și cînd ar fi în contact direct; un circuit închis și exclusiv metalic nu poate produce curent. Tot acolo se găsește și seria metalelor electropozitive în ordine descrescîndă, de la zinc la argint, precum și măsurarea (mai degrabă calitativă) a tensiunii lor de contact.

Cu toate acestea, rolul conductorului lichid, sau de a doua categorie, nu era încă clar desprins din punct de vedere teoretic. Se pare că pentru Volta rolul acesta era pasiv: lichidul asigura un contact intim al metalelor, contact care permitea trecerea electricității de la un metal la altul. La epoca aceea, noțiunea de energie era încă, practic, ignorată. N-ar trebui să ne surprindă deci faptul că oamenii de știință se mulțumeau la început să vorbească de o forță care imprima un impuls fluidului electric, fără să se întrebe însă dacă în acest mod de a privi lucrurile, nu era vorba de o mișcare continuă și dacă nu ar fi trebuit să se cerceteze cu ce preț se obțineau aceste sarcini și aceste tensiuni permanent reînnoite.

Totuşi, problema era deja rezolvată. În luna aprilie a anului 1800, Carlisle şi Nicholson descoperiseră din întîmplare descompunerea apei prin electroliză (apariţia hidrogenului la un electrod şi oxidarea celuilalt electrod). În noiembrie 1800, Humphry Davy, în vîrstă de 22 de ani, reia aceste experienţe şi, inspirîndu-se din ideile lui Fabbroni, conchide:

„Pila lui Volta acţionează numai atunci cînd substanţa conductoare care separă plăcile este capabilă să oxideze zincul; puterea pe care o are pila de a descompune apa şi de a produce şocuri este proporţională cu cantitatea de oxigen care se combină cu zincul la un moment dat. Cu toate că faptele cunoscute în prezent nu ne permit să dăm o explicaţie exactă, se pare totuşi că este rezonabil să tragem concluzia că oxidarea zincului din pilă şi schimburile chimice care rezultă sînt oarecum cauza efectelor electrice pe care le produc".

Un timp după aceea, Davy a descompus prin curent electric soda şi potasa topite, descoperind astfel sodiul şi potasiul. Ansamblul cercetărilor lui asupra acţiunilor chimice ale curentului electric şi asupra producerii curenţilor prin reacţii chimice l-a condus la ideea că „atracţiile chimice şi electrice sînt produse de o aceeaşi cauză", recunoscînd însă că pentru a le înţelege bine ar fi necesar „concepţii cu totul noi asupra acţiunilor corpusculare".

Începînd din 1812, Berzelius a dezvoltat ideile lui Davy într-o teorie electrochimică a materiei, conform căreia orice combinaţie chimică reprezenta unirea unui component electropozitiv şi a unui component electronegativ. Această teorie — puţin cam bizară din punctul nostru de vedere modern — urma să se dezvolte şi să aducă foloase mari, pentru ca apoi să întîmpine obiecţii serioase, mai ales din partea specialiştilor în chimia organică, obiecţii pe care numai descoperirea electronului şi a cuantelor va putea să le înlăture.

Totuşi, un fapt rămînea învăluit în mister: apariţia produşilor de descompunere — a apei de exemplu — pe polii metalici cufundaţi în lichid, fără ca vreo urmă a acestor produşi să fie găsită altundeva. În 1806, Grotthus şi, odată cu el, Davy au imaginat o teorie care lasă să se întrevadă unele din concepţiile noastre de acum asupra mobilităţii ionilor H^+ şi OH^-:

Polii îşi exercită acţiunile de atracţie şi de repulsie asupra hidrogenului şi oxigenului din moleculele de apă cele mai apropiate; un „echivalent" de hidrogen, atras de polul negativ, se degajează acolo, eliberează un echivalent de oxigen care, respins, de acelaşi pol, se uneşte imediat cu hidrogenul unei molecule de apă vecine şi aşa mai departe, din aproape în aproape, pînă la celălalt pol, a cărui atracţie este suficientă atunci ca să degajeze oxigenul.

Douăzeci de ani mai tîrziu, Auguste de la Rive, pentru a explica foarte marea varietate pe care o prezintă soluţiile, a presupus că cei doi componenţi chimici se deplasează în sens invers, de la un capăt la celălalt al lichidului, idee care va fi dezvoltată de Faraday, apoi de Clausius şi, în fine, de Arrhenius.

C. DESCOPERIREA ELECTROMAGNETISMULUI

EXPERIENȚA LUI OERSTED ȘI URMĂRILE EI. Este foarte probabil că încă din prima treime a secolului al XVIII-lea a fost observată magnetizarea fierului de către trăsnet și că fenomenul respectiv era binecunoscut. Acest fapt a determinat cercetări cu scopul de a se vedea dacă între magnetism și electricitate era vreo legătură. Din nefericire, încercările făcute au rămas fără rezultat, fiindcă pe atunci nu era luată în considerare, în general, decît electricitatea în echilibru. Aceasta s-a întîmplat încă de la primele experiențe făcute în acest sens, începînd din 1807, de Hans Christian Oersted (1777—1851). În 1820, acestuia i-a venit însă ideea „să întindă o bucată dreaptă de fier (parcurs de curentul produs de o pilă) deasupra unui ac magnetic și paralel cu direcția acestuia".

„El a observat că acul își părăsește poziția și că polul care se găsește sub partea firului mai apropiată de polul negativ al bateriei galvanice deviază spre vest... Dacă firul este dispus orizontal sub ac, efectele sînt aceleași, dar de sens contrar".

Aceste experiențe au fost publicate în limba latină, la 21 iulie 1820, la Copenhaga, apoi în Germania, în Anglia și în Franța. Calea era deschisă. În toate țările fizicienii — și printre ei cîțiva dintre cei mai importanți, ca Ampère, Arago, Biot și Faraday — s-au apucat de lucru. Pînă la sfîrșitul anului 1820 toate legile cantitative care guvernau aceste fenomene erau cunoscute. Cîțiva ani mai tîrziu, în 1826, Ampère a pus la punct o teorie care a rămas timp de o jumătate de secol un model al genului, în timp ce Faraday a publicat în 1821 prima serie din *Experimental Researches in Electricity*.

Iată, mai întîi, la ce concluzie a ajuns Oersted în urma observațiilor sale cantitative:

„Acțiunilor al căror sediu este conductorul și spațiul care îl înconjură le vom da numele de *antagonism electric*...

Antagonismul electric nu acționează asupra particulelor magnetice de materie... (Acestea) opun rezistență la trecerea antagonismului și sînt puternic influențate de șocul acțiunilor contrare.

Ținînd seama de faptele expuse, se pare că antagonismul nu este restrîns la firul conductor, ci că are în jurul lui o sferă de activitate destul de extinsă... El formează un vîrtej în jurul firului...

Toate faptele observate se explică ușor, dacă se presupune că forța (sau materia electrică negativă) descrie o spirală spre dreapta și acționează asupra polului nord... și că materia electrică pozitivă are o mișcare de sens contrar, precum și proprietatea de a acționa asupra polului sud, fără să acționeze și asupra polului nord".

Avem de-a face cu un limbaj pe de-a-ntregul cartezian și chiar aproape lucrețian, oarecum anticipator, însă după o schemă mecanică a ideilor anumitor fizicieni ai secolului al XIX-lea, pentru care — prin extinderea peste

măsură a ideilor lui Faraday şi ale lui Maxwell — curenţii nu erau decît nişte linii de vîrteţ ale cîmpului magnetic.

Puţin timp după aceea, Wollaston a presupus că orice fir parcurs de un curent este axa unui vîrteţ unic care antrenează cu el polii pozitivi ai magneţilor. Acest fapt a simplificat imaginile lui Oersted, privîndu-le de simetria şi de aparenţa lor inteligibilitate mecanică, şi a pregătit lucrările valoroase ale lui Faraday.

PRIMELE STUDII CANTITATIVE. CELE DOUĂ LEGI ELEMENTARE. Studiul cantitativ al interacţiunilor dintre magneţi şi curenţi a fost efectuat într-un mod pe cît de simplu, pe atît de complet, de către Biot şi Savart (30 octombrie 1820). Ei au măsurat durata oscilaţiilor unui ac magnetic în funcţie de distanţa lui faţă de un „curent rectiliniu infinit", găsind că forţa care acţionează asupra unui pol este orientată perpendicular pe normala de la acest pol la firul conductor şi că ea variază invers proporţional cu distanţa.

Din aceste experienţe, precum şi din rezultatele obţinute ceva mai tîrziu de aceiaşi fizicieni asupra firelor pliate, Laplace a dedus legea numită astăzi a lui Biot şi Savart:

Un element de curent, adică un element de fir ds, parcurs de un curent i, exercită asupra unui pol nord, egal cu unitatea şi situat la o distanţă r, o forţă dH perpendiculară pe planul trecînd prin pol şi prin elementul ds (planul r, ds), a cărei valoare este:

$$dH = ids \sin \theta / r^2, \tag{1}$$

unde θ este unghiul dintre cei doi vectori r şi ds. Această forţă (sau cîmp magnetic elementar) este orientată spre stînga „observatorului lui Ampère" culcat pe ds în sensul curentului i şi privind spre respectivul pol.

Un fapt curios: această forţă elementară nu este orientată după dreapta care uneşte polul cu elementul, ci este o „acţiune transversală". Oersted a observat curînd că un pol magnetic trebuia să acţioneze şi el asupra unui element de curent şi că, prin urmare, „arcul galvanic[3] trebuie să fie deviat de magnet", fenomen verificat în 1821 de Davy. Această acţiune era perpendiculară pe cea care ar suferi-o un pol de magnet, adică pe ceea ce numim astăzi cîmpul magnetic (sau inducţia magnetică). Deci şi ea era o „forţă transversală".

În aer, un cîmp magnetic H (sau o forţă care ar acţiona asupra unui pol nord egal cu unitatea) exercită, asupra unui element de curent ids care formează un unghi θ cu H, forţa dF perpendiculară pe planul celor doi vectori H şi ds, forţă a cărei valoare absolută este[4]

$$dF = Hids \sin \theta, \tag{2}$$

fiind orientată spre stînga observatorului lui Ampère care priveşte după direcţia şi sensul cîmpului.

[3] Arc obţinut în 1820 de La Rive între electrozi de cărbune.

[4] În expunerile moderne mai riguroase, în această ecuaţie figurează inducţia B, şi nu cîmpul H. În unităţi electromagnetice, valorile celor doi vectori sînt, practic, aceleaşi în aer.

Această formulă — într-un anumit sens, inversa precedentei — este atribuită adesea lui Laplace. După cîte ştiu eu, ea se găseşte explicată pentru prima dată, într-o formă puţin cam abstractă, într-un memoriu al lui Ampère în care acesta calculează acţiunea unui circuit electric închis asupra unui element de curent (a se vedea ecuaţia (2bis), p.221).

Existenţa acestor acţiuni elementare „transversale" a produs o mare uimire printre fizicienii de la începutul secolului al XIX-lea, frămîntîndu-i pe aceia dintre ei care erau legaţi de concepţia newtoniană, fiindcă părea să fie contrazis principiul egalităţii acţiunii şi reacţiunii. Ampère şi-a dat însă repede seama că, în pofida formei „transversale", interacţiunile a două circuite închise, sau acţiunea unui circuit închis asupra polului unui magnet, satisfăceau perfect acest principiu. Or, toate circuitele electrice studiate pe vremea aceea erau circuite închise. Cu toate acestea, era firesc ca el să caute

„să reducă aceste mişcări, prin calcul, la forţe care să acţioneze totdeauna între două particule materiale după dreapta care le uneşte, astfel ca acţiunea exercitată de una din ele asupra celeilalte să fie egală şi opusă forţei pe care această din urmă particulă o exercită *în acelaşi timp* asupra primei". (Am subliniat cuvintele „în acelaşi timp" pentru a reaminti că se presupunea — ca şi Newton — o propagare instantanee a acestor interacţiuni).

D. OPERA LUI AMPÈRE

În ziua de 18 septembrie 1820, în şedinţa Academiei de Ştiinţe care a urmat aceleia în care fusese anunţate în Franţa experienţele lui Oersted, André-Marie Ampère (1775—1836) a adus la cunoştinţă primele sale observaţii asupra acţiunilor magnetice ale curenţilor. El a dovedit la Academie că curenţii electrici se atrag şi se resping reciproc şi a arătat după ce legi se produc aceste fenomene. Era o descoperire pe care el a numit-o „electrodinamică" o descoperire fundamentală care urma să elimine din ştiinţă fluidele magnetice.

Începînd de la această dată, Ampère nu a încetat să comunice Academiei „observaţiile sale electrodinamice", care au fost publicate pînă în 1827 într-o serie de memorii remarcabile, a căror lectură continuă să rămînă şi astăzi foarte instructivă. Se vede din ele cum au evoluat raţionamentele sale şi cum a verificat fiecare rezultat al calculelor printr-o experienţă directă. Chiar dacă legea interacţiunii dintre elementele de curent, pe care el a stabilit-o în jurul lui 4 decembrie 1820 şi pe care a considerat-o drept cheia de boltă a întregii sale opere, nu mai prezintă interes pentru noi, totuşi geniul lui străluceşte în toate lucrările sale, iar rezultatele care mai continuă să aibă importanţă abundă în ele.

TEHNICA EXPERIMENTALĂ. Metoda lui de lucru şi orientarea raţionamentelor sale ni se înfăţişează cu claritate încă de la primul său memoriu din octombrie 1820. Ampère descrie în el un mare număr din acele aparate atît de simple, de uşoare şi de sensibile — fire de cupru, pivoţi, cuve cu mercur — care vor

împodobi „masa lui Ampère" şi îi vor permite să stabilească, prin experienţe de echilibru şi prin „metode de zero", fără nici o măsurare cu adevărat cantitativă, cele patru legi ale electrodinamicii care vor forma baza empirică a teoriei sale.

Intensitatea curenţilor care parcurg conductorii lui este măsurată cu un „galvanometru", un simplu fir întins orizontal după meridianul magnetic, fir care trece pe deasupra unei busole. Unele din aparatele lui comportă părţi pe care le va numi mai tîrziu *solenoizi*: "Am pus să mi se construiască, scrie el, elice din fir de alamă pentru ca să reproduc toate efectele magnetului... şi am reuşit".

TEORIA CURENŢILOR MOLECULARI. Concepţia lui Ampère este evidenţiată clar chiar de concluziile acestui prim memoriu:

„Acţiunea reciprocă dintre un curent electric... şi un magnet, precum şi cea dintre doi magneţi,... se încadrează, şi una şi alta, în legea acţiunii reciproce a doi curenţi electrici... dacă ne închipuim că pe suprafaţa şi în interiorul unui magnet există — în planele perpendiculare pe axa acestui magnet — atîţia curenţi electrici cîte linii sîntem capabili să concepem că se pot forma, fără să se întretaie reciproc, curbe închise. De aceea, mi se pare că n-am dreptul să mă îndoiesc că nu ar exista cu adevărat asemenea curenţi în jurul axei magnetului".

Şi mai departe:

„Particulele oţelului au proprietatea de a produce... aceeaşi acţiune electromotoare care se găseşte la pila voltaică... Dar ea nu poate produce niciodată o tensiune electrică".

Această comparaţie cu pila este foarte interesantă. Ampère nu era mai contrariat de ipoteza unui fel de mişcare macroscopică permanentă, al cărei sediu ar fi fost magneţii, decît fusese Volta de teoria sa, a electricităţii prin contact. Îi lipsea ideea de energie şi de conservare a ei, precum şi noţiunea precisă de rezistenţă electrică, cunoscută deja de Priestley, Cavendish şi Davy.

Cu toate acestea, Ampère părăseşte, cîteva luni mai tîrziu, această ipoteză: în magneţi nu există curenţi macroscopici permanenţi, ci *curenţi moleculari* „care circulă în jurul fiecăreia dintre particulele lor". „Această ipoteză — scrie el — mi-a fost comunicată de dl. Fresnel care găseşte mult mai avantajos să considere în felul acesta curenţii electrici ai magnetului". După cîteva ezitări, el adoptă definitiv această ipoteză, făcîndu-i o expunere admirabilă (*Réponse à Van Beek*, octombrie 1821).

Ideile noastre asupra magnetismului nu s-au mai schimbat de atunci. Dar cu toate că această imagine a curenţilor moleculari părea că reuşise să satisfacă chiar unele minţi care cunoşteau bine principiile termodinamicii (şi chiar dacă teoria electronilor a venit mai tîrziu să o precizeze), peste un secol, un fizician, Ehrenfest, observă că aceste mişcări moleculare *ordonate* sînt incompatibile cu mecanica statistică clasică şi că ele nu pot exista şi nu se pot menţine decît pentru că există cuantele.

Din diverse motive, teoria electrodinamică a magnetismului a trebuit să suporte obiecţiile diferiţilor fizicieni contemporani cu Ampère: ale lui Davy

și, în special, ale lui Biot. Acesta din urmă, care își intitulase expunerea cercetărilor sale, făcute împreună cu Savart, *Sur l'aimantation imprimée aux métaux par l'électricité en mouvement*, era newtonian mai strict în sinea lui decît Ampère, fiindcă voia să reducă totul la fluidele magnetice și la legea lui Coulomb.

Pentru el, efectele electrodinamice „nu sînt decît consecința secundară a unei adevărate magnetizări imprimate de curentul electric conductorilor metalici".

Și mai departe:

„Dl. Ampère... este obligat să considere toate acțiunile reciproce dintre corpurile magnetizate... ca fiind produse de curenții voltaici care circulă în jurul moleculelor aproape în același fel ca și vîrtejurile lui Descartes, lucru ce atrage după sine o asemenea încurcătură de concepții și de supoziții, încît devine aproape de neexprimat în cuvinte, în timp ce dacă le facem să depindă de magnetizarea moleculară provocată de curentul electric, aceste fenomene — pe care încă nu le putem calcula în conformitate cu natura lor — nu oferă prin ele însele nimic care nu ar putea fi ușor de conceput".

Lui Ampère nu i-a venit greu să răspundă că ipoteza lui Biot nu putea explica faptele și, în special, acțiunile „transversale". Aproape imediat după descoperirea mișcărilor de rotație continuă de către Faraday, în aprilie 1822, el scrie:

„O mișcare care se continuă fără întrerupere în același sens, în ciuda frecărilor... și care este produsă prin acțiunea reciprocă a două corpuri care rămîn mereu în aceeași stare, este un fapt fără precedent în tot ceea ce știm noi despre materia anorganică. El dovedește că acțiunea care își are originea în conductorii voltaici nu poate fi datorată unei distribuții particulare a anumitor fluide aflate în stare de repaus în acești conductori...".

SINTEZA DIN 1827. Ampère și-a încheiat seria publicațiilor sale asupra electricității și magnetismului cu memoriul *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'experience (1827)*. Această mare operă, reprezentînd o expunere de ansamblu a comunicărilor făcute în perioada iunie 1822 — noiembrie 1825, este o admirabilă construcție logică bazată pe ipoteza interacțiunii newtoniene dintre elementele de curent, interacțiune care depinde de distanță și de unghiurile formate de elementele (vectoriale) de curent între ele și cu raza vectoare care le separă, ceea ce le deosebește de forțele electrostatice sau magnetice. Partea proastă — și Ampère își dădea seama — era că aceste acțiuni elementare sînt inaccesibile experienței, fiindcă — deși este ușor să se măsoare forța exercitată de un „curent închis" asupra unei mici porțiuni mobile a unui circuit electric reprezentînd prin aproximare un element de curent— este totuși imposibil să se izoleze concomitent *două* asemenea elemente și să se separe interacțiunea lor de interacțiunile datorate celorlalte părți ale sistemului. Unii dintre urmașii lui Ampère au profitat de acest fapt pentru ca să adauge în formula lui termeni care, integrați pe un circuit închis, dau o sumă nulă, fără ca prin asta forțele rezultante să fie modificate.

Din patru experienţe fundamentale, foarte simple, bazate după cum spune însuşi Ampère, pe patru cazuri de echilibru, el deduce următoarele principii valabile şi astăzi:

Primul principiu: acţiunile unui curent se inversează atunci cînd se inversează sensul curentului.

Al doilea principiu: (al curenţilor sinusoidali) „constă în egalitatea acţiunilor exercitate asupra unui conductor mobil de către doi conductori ficşi, situaţi la distanţă egală de primul, dintre care unul este rectiliniu, iar celălalt îndoit şi deformat într-un fel oarecare".

Al treilea principiu: „Acţiunea unui circuit închis, sau a unui ansamblu de circuite închise, asupra unui element infinit de mic al unui curent electric, este perpendiculară pe acest element". Acest principiu scoate în evidenţă caracterul prin esenţă „transversal" al singurelor acţiuni „elementare" care pot fi observate.

Al patrulea principiu: La intensităţi constante, interacţiunile dintre două elemente de curent nu se modifică, atunci cînd dimensiunile lor liniare, sau distanţa dintre ele, sînt modificate în acelaşi raport.

Prima aplicare a formulei sale Ampère a făcut-o calculînd acţiunea unui circuit închis C, parcurs de un curent i, asupra unui element de curent $i'ds'$.

În acest scop, el este obligat să facă o integrare de-a lungul circuitului C, ceea ce îl conduce la introducerea unei mărimi pe care o consideră ca pe un simplu auxiliar matematic şi pe care o denumeşte *directoarea* D a acţiunilor electrodinamice ale circuitului C în punctul ocupat de ds'.

Or, această „directoare" D nu este, în limbaj modern, altceva decît cîmpul magnetic produs de circuitul C în presupunerea că acesta este parcurs de un curent egal cu unitatea. Formulele pe care le-a stabilit el pentru cele trei componente ale lui D sînt folosite şi astăzi la calculul cîmpului curenţilor constanţi.

El obţine, în final, pentru forţa exercitată de C asupra lui ds', formula

$$dF = \frac{1}{2}\,(Di)i'\,ds'\,\sin\theta, \qquad (2\text{ bis})$$

care este practic identică cu (2), Di fiind cîmpul H.

Factorul $\frac{1}{2}$ se datoreşte faptului că Ampère măsoară intensităţile în *unităţi electrodinamice*, în timp ce formula (2) este scrisă în unităţi electromagnetice.

Directoarea D intervine în aproape toate calculele din această lucrare. Ampère o foloseşte, printre altele, ca să determine proprietăţile *solenoizilor electrodinamici*, ca să arate că aceste proprietăţi sînt la fel — şi chiar mai desăvîrşite — ca acelea ale magneţilor şi ca să stabilească, în fine, teorema generală a *echivalenţei dintre curenţii electrici şi foiţele magnetice* (doar cuvîntul foiţă nu aparţine lui Ampère).

O DESCOPERIRE RATATĂ. Iată acum un fapt istoric demn de menționat. În 1821, adică chiar la începutul cercetărilor sale, Ampère a efectuat o experiență „care avea ca obiect constatarea dacă se poate produce un curent electric prin influența unui alt curent". În epoca aceea, numeroși fizicieni își puseseră această problemă, încercînd în zadar să o rezolve. Or, Ampère și colegul său genevez, Auguste de La Rive, observaseră realmente, în 1822, curenți induși.

Montajul era simplu: un cadru circular (adică un circuit închis) de cupru era suspendat cu un fir în interiorul și în planul unei bobine circulare plate, prin care se putea face să treacă un curent. Totul se afla în cîmpul unui magnet în formă de potcoavă. În momentul în care curentul era stabilit sau întrerupt în bobină, „circuitul închis era atras sau respins alternativ de către magnet".

„Din nefericire — îi scrie 11 ani după aceea Ampère lui de La Rive — nici d-ta, nici eu, nu ne-am gîndit să analizăm acest fenomen".

Această miopie intelectuală — ca să-i spunem așa — la un geniu atît de mare se explică probabil prin faptul că el se aștepta la producerea prin influență a unor curenți *permanenți* (asemenea sarcinilor permanente induse de electricitatea statică). Aceeași idee preconceputâ a fost aproape sigur și cauza eșecului tuturor contemporanilor lui și a primelor eșecuri ale lui Faraday însuși.

IPOTEZE. Bineînțeles că importanța cea mai mare era acordată de Ampère rezultatelor pozitive ale lucrărilor sale. Dacă își apără cu pasiune teoria electrodinamică a magnetismului este din cauză că:

„probele pe care o sprijin rezultă mai cu seamă din faptul că ele reduc la un principiu unic trei feluri de acțiuni care, după cum probează ansamblul fenomenelor, se datoresc unei cauze comune și care nu pot fi reduse la altceva".

Acest argument este prin esența lui pozitiv. Însă Ampère nu se abține nicidecum de la considerații mai îndrăznețe și mai puțin precise, de felul celor publicate de cea mai mare parte a contemporanilor săi. Astfel, la 8 aprilie 1822, el scrie:

„Nu putem renunța la a admite că mișcarea celor două electricități prin fire se propagă de jur împrejur în fluidul neutru format din reunirea lor, cu care tot spațiul trebuie să fie, în mod necesar, umplut".

Și mai departe:

„Pe vremea în care mă preocupau aceste idei, dl. Fresnel mi-a comunicat remarcabilele sale cercetări asupra luminii... am rămas uimit de concordanța dintre considerațiile pe care se sprijinea el și acelea care îmi veniseră mie în minte în legătură cu cauza atracțiilor și repulsiilor electrodinamice".

Urmează o serie de imagini „prea carteziene", dar concluzia este următoarea:

„Nu mi-am ascuns niciodată faptul că, în lipsa unor mijloace de a calcula toate efectele mișcării fluidelor, ele (aceste considerații) erau prea vagi pentru a servi drept bază unei legi a cărei exactitate putea fi contestată prin experiențe directe și precise. De aceea, mă voi mărgini să o prezint ca pe un fapt bazat numai pe observație".

PRIMELE APLICAŢII. Vom mai menţiona încă o importantă descoperire experimentală şi o perfecţionare tehnică. În septembrie 1820, Arago observă magnetizarea fierului prin curenţi şi inventează electromagnetul. În aceeaşi lună, lui Schweigger îi vine ideea să introducă un ac magnetic în interiorul cadrului unei bobine plate parcurse de un curent. El i-a dat numele de *multiplicator* acestui aparat „care devine tot atît de sensibil la acţiunea unui pile ca şi un nerv de broască."

E. LEGEA LUI OHM

Ampère dăduse definiţia electrodinamică a intensităţii unui curent şi arătase prin formulele sale modul în care măsurarea acestei intensităţi putea fi redusă la măsurarea unei forţe şi a cîtorva lungimi. Pe de altă parte, Cavendish începuse să desprindă noţiunea de grad de electrizare a unui conductor în echilibru, iar Poisson stabilise corelaţia dintre această noţiune şi funcţia V a lui Lagrange şi Laplace, funcţie care va deveni mai tîrziu potenţialul. Independent de aceştia, Volta definise, calitativ, sau aproape calitativ, tensiunea electrică, iar în primul său memoriu din 1820, Ampère dezvoltase şi mai mult aceste idei, făcînd o distincţie netă între noţiunile de tensiune şi intensitate. Totuşi, majorităţii fizicienilor, şi în special lui Ampère, le lipsea încă ideea *precisă de rezistenţă*, precum şi aceea a unei relaţii posibile între tensiunea unei pile, intensitatea curentului pe care ea o produce într-un conductor şi natura acestuia.

În Anglia, oamenii de ştiinţă erau ceva mai avansaţi din acest punct de vedere. Încă din 1767, Priestley încercase cîteva „experienţe destinate să ne ajute a cunoaşte diferenţa care există între puterile conductoare ale diferitelor metale", experienţe care au fost reluate şi extinse, dar fără să fie publicate, de Cavendish (a se vedea vol. II, p. 565). Davy, în fine, demonstrase, în 1821, printr-o metodă foarte indirectă, că puterea conductoare a unui fir metalic este proporţională cu cîtul dintre secţiunea şi lungimea firului şi independentă de forma acestuia.

Aceasta este tot ce se ştia la epoca aceea. Măsurările cantitative ale efectelor pilei erau foarte dificile pe atunci, din cauza inconstanţei acestora. Să consemnăm în legătură cu această chestiune că, în 1803, Ritter observase *polarizarea electrozilor:* o pilă monometalică din discuri de argint, separate prin discuri de postav umed, care era traversată cîtva timp de un curent electric, devenea, după deschiderea circuitului, o pilă „secundară", capabilă să dea un curent de sens invers primului curent. Însă el n-a înţeles bine fenomenul. În 1805, Volta l-a explicat prin acumularea pe suprafeţele discurilor a gazelor de electroliză care tindeau după aceea să se recombine prin interiorul lichidului. Acesta a fost începutul cercetărilor care au condus, mai tîrziu, la construcţia pilelor „nepolarizabile" (Becquerel, 1829; Daniell, 1837; Bunsen, 1841), a pilelor cu gaz (Grove, 1839) şi a acumulatoarelor (Planté, 1860).

Experimentarea a devenit mai comodă şi mai precisă abia după ce T.J. Seebeck a descoperit efectele *termoelectrice*, adică producerea curenţilor în-

tr-un circuit constituit din două metale, ale căror suduri sînt la temperaturi diferite (fenomen descoperit în 1821, publicat în 1823). Această descoperire, dezvoltată de Peltier în 1834, avea atît o importanță practică, cît și una teoretică. Folosind un limbaj, modern, ea arăta că energia termică poate fi transformată direct în energie electrică. Fiindcă temperaturile sudurilor calde și reci puteau fi menținute cu ușurință neschimbate, descoperirea dădea în același timp posibilitatea să se construiască „pile termoelectrice" perfect constante și oferea o metodă viguroasă și sensibilă de măsurare a temperaturilor.

Georg Simon Ohm (1787—1854) și-a început experiențele asupra curenților electrici în 1825. El se servea pe atunci de pilele lui Volta. În anul următor, le-a înlocuit cu elemente termoelectrice cupru-bismut, stabilind cu ajutorul lor celebra sa lege

$$i = E/(R + r), \tag{3}$$

în care i este intensitatea curentului, măsurată sau reperată prin devierea acului unui galvanometru, E „tensiunea" pilei, proporțională cu numărul elementelor în serie, R rezistența ei, de asemenea proporțională cu acest număr, iar r rezistența circuitului exterior, depinzînd, așa cum stabilise Davy, de natura și de dimensiunile acestui circuit.

Noțiunile de rezistență și rezistivitate, precum și inversele lor, au fost în sfîrșit definite cu precizie, iar măsurarea în valoare relativă a acestor mărimi a devenit ușoară. Același lucru se poate spune și despre măsurarea tensiunii pilelor (pe care le vom denumi tensiuni electromotoare).

În 1827, în *Die galvanische Kette mathematisch bearbeit* Ohm își regăsește legea printr-un calcul avînd la bază niște ipoteze care nu sînt decît simpla transpunere la electricitate a ipotezelor făcute în 1822 de Fourier în *Théorie analytique de la chaleur:* intensitatea curentului (sau fluxul de electricitate) este analogă fluxului de căldură și constantă în regim permanent, iar analogul temperaturii este ceea ce Ohm numește *forța electroscopică* într-un punct dat.

El emite ipoteza că „o moleculă electrizată nu poate comunica electricitatea decît moleculelor învecinate... mărimea fluxului dintre două molecule învecinate este proporțională — în condiții egale de altminteri — cu diferența dintre forțele electroscopice pe care le au cele două molecule, după cum, în teoria căldurii, fluxul de căldură este considerat proporțional cu diferența dintre temperaturile moleculelor.

Tensiunea (electromotoare) este definită cu ajutorul principiului următor: atunci cînd două corpuri se ating, la punctul lor de contact se stabilește o diferență constantă între forțele lor electroscopice".

Din punctul de vedere al teoriei circuitelor electrice, totul era clar. Singurul lucru care lipsea era legătura exactă cu electricitatea statică. Ohm dă într-adevăr o definiție electrostatică a forței electroscopice sau, mai degrabă, el îi descrie schematic măsurarea cu ajutorul unui „electroscop":

Acesta este doar un simplu plan de probă „de dimensiuni foarte mici, astfel că atunci cînd este pus în contact cu partea conductorului (parcurs de un curent) pe care vrem s-o studiem, îl putem... considera ca substituit acestei părți. În acest caz, dacă se întîmplă ca forțele electroscopice (ale planului de probă) măsurate în modul pe care l-am descris

(prin forţa pe care o exercită pe un fel de balanţă Coulomb) să difere în diferitele puncte atinse, atunci ele ne fac cunoscute diferenţele care există în starea electrică a acestor puncte".

Este vorba în cazul de faţă de o măsurare a densităţii superficiale. Se pare deci că Ohm a identificat noţiunea de forţă electroscopică cu aceea de densitate electrică.

Legea lui Ohm a fost verificată cantitativ de Fechner în 1829 şi apoi de Pouillet în 1837. Acesta din urmă s-a servit de *busola tangentelor*, inventată de el, care permitea măsurarea precisă a intensităţilor printr-o comparare exactă a cîmpului unui circuit electric, de geometrie bine definită, cu cîmpul magnetic terestru.

Ştiinţa a trebuit să aştepte pînă în 1845 pentru ca Kirchhoff să identifice „forţa electroscopică" a lui G.S. Ohm cu potenţialul electric al lui Poisson şi Green.

F. OPERA LUI FARADAY

Istoria vieţii lui Michael Faraday (1791—1867) este cunoscută: ucenic legător de cărţi însetat de învăţătură, auditor la cursurile de la *Royal Institution;* primit în 1819 de H. Davy în laboratorul său; publicarea primei lucrări de chimie în 1817, iar de fizică în 1821; succesor la catedra lui Davy în 1827, pentru ca să devină apoi unul din cei mai mari fizicieni ai tuturor timpurilor. Seria magnificelor sale memorii *Experimental Researches in Electricity* nu se întrerupe decît în 1855. Printre lucrările din alte domenii, ale lui Faraday, pot fi citate: lichefierea clorului şi altor gaze (1823), descoperirea benzenului (1824), fabricarea unei sticle grele cu borosilicat de plumb (1825—1829) etc.

ROTAŢIA ELECTROMAGNETICĂ. Primele *Cercetări experimentale* (septembrie 1821) „asupra noilor mişcări electromagnetice şi asupra teoriei magnetismului" demonstrau că un pol magnetic se poate roti la infinit în jurul unui curent electric şi că — invers — o porţiune de curent electric, mobilă datorită unui contact glisant, se poate roti în jurul unui pol.

Montajul era foarte simplu: un vas plin cu mercur şi un magnet cufundat în el pe jumătate, astfel ca un singur pol să iasă afară din lichid, în timp ce celălalt pol era fixat în axa aparatului. Curentul intra prin fundul vasului şi ieşea printr-un fir cufundat în mercur. Rînd pe rînd, magnetul înclinat se învîrtea în jurul firului vertical şi apoi, măturînd suprafaţa mercurului, firul înclinat se învîrtea în jurul magnetului vertical.

Puţin după aceea, Faraday a trimis unul din aparatele sale lui Ampère, fapt care ne dă o idee de felul în care cooperau între ei pe vremea aceea savanţii tuturor ţărilor. Ampère a reluat experienţele, a construit noi instrumente şi a observat — în condiţii de simetrie pe care Faraday nu reuşise să le reali-

zeze — rotaţia magnetului în jurul lui însuşi, precum şi rotaţia unui conductor voltaic în jurul axei lui (decembrie 1821).

Magnetul şi firul plutitor al lui Faraday reprezintă primele motoare electromagnetice. În martie 1822, Barlow a construit un aparat care semăna ceva mai mult cu motoarele noastre moderne şi care era compus din celebra lui roată dinţată, cufundată cu dinţii într-o baie de mercur şi rotindu-se în cîmpul unui magnet în formă de potcoavă, atunci cînd un curent trecea de la centrul spre periferia ei[5].

Concluziile pe care Faraday le-a tras din aceste observaţii erau foarte îndrăzneţe şi exprimau felul cum înţelegea el aceste fenomene, precum şi înclinările fireşti ale spiritului său.

Astfel, el îi scria lui de La Rive la 12 septembrie 1821:

„Socotesc că atracţiile şi repulsiile constatate de obicei între firul apropiat şi acul magnetic sînt nişte iluzii".

Şi mai departe:

„Atracţiile şi repulsiile firelor d-lui Ampère nu sînt nişte rezultate simple, ci complexe. Forţele asemănătoare se resping şi cele deosebite se atrag... indiferent dacă ele există în polii magneţilor sau dacă se manifestă pe cele două părţi diametral opuse ale firelor conductoare".

Toate acestea par destul de obscure. Se vede doar apărînd ideea unei propagări din aproape în aproape a acţiunilor electromagnetice. Ampère remarca însă, pe bună dreptate (în decembrie 1821) că toate faptele observate se explicau foarte bine prin teoria lui electrodinamică. Erau suficiente în acest scop legea lui Biot şi Savart, şi inversul ei.

INDUCŢIA. În 1824, Faraday efectuează primele sale experienţe în scopul descoperirii curenţilor induşi şi se alege cu o nereuşită totală. În anii 1825 şi 1828, urmează, în trei rînduri, noi eşecuri, asemănătoare acelora ale numeroşilor săi contemporani. Şi totuşi, aceşti curenţi apăruseră fugitiv, în 1822, în experienţele lui Ampère şi de La Rive care — ca să spunem aşa — nu reuşiseră însă să-i vadă.

Doi ani mai tîrziu, în 1824, Arago face o observaţie importantă: oscilaţiile unui ac magnetic suspendat de un fir suferă o amortizare anormală atunci cînd se aşază sub el un disc de metal. Încercînd să înţeleagă acest fenomen, lui Arago i-a venit ideea să rotească discul: acul se rotea după disc şi, invers, rotaţia acului făcea să se rotească discul. Aceste efecte neaşteptate, cărora Arago le-a dat numele de *magnetism de rotaţie*, au fost studiate din toate punctele de vedere, chiar şi cantitativ, dar timp de şapte ani nu şi-au dezvăluit taina. De acord cu Arago şi Duhamel, se admitea în general că ele se datorau unor interacţiuni dintre magnet şi polii pe care acesta îi inducea (din cauza mişcării?) în disc. Astăzi ni se pare că — bazîndu-se pe ideile lui Ampère — oamenilor de ştiinţă le-ar fi fost destul de uşor să-şi închipuie că curenţii erau

[5] Fizicianul rus B.S.Jacobi a construit, în 1834, un motor electric cu electromagneţi, iar în 1839 a făcut să evolueze pe Neva o navă cu motor electric.

produşi de mişcare. Probabil însă că această explicaţie era contrară unor idei preconcepute. A fost nevoie să se aştepte pînă cînd ea a fost dată de Faraday după ce a descoperit curenţii induşi (august 1831), descoperire publicată în prima serie a *Cercetărilor experimentale* şi comunicată la Royal Society la 24 noiembrie 1831.

Prima experienţă încununată de succes a fost aceea în care au fost observaţi curenţi induşi într-un circuit cuprinzînd un galvanometru, în timpul deschiderii şi închiderii unui circuit învecinat. Era vorba de două spirale de fire conductoare izolate, înfăşurate în jurul unui aceluiaşi inel de fier moale (fig. 7). Faraday a recunoscut imediat că era vorba de un fenomen temporar legat de variaţia condiţiilor magnetice în care se găsea circuitul indus.

Experienţele încep să se succeadă acum cu rapiditate: inducţia prin închiderea şi deschiderea unui circuit magnetic pe care este înfăşurată o bobină (24 septembrie), prin curenţi fără fier (1 octombrie), prin apropierea unui magnet (17 octombrie). La 28 octombrie, Faraday abordează „fenomenul magnetic al lui Arago". Montajul lui este, cu foarte mici diferenţe, inversul

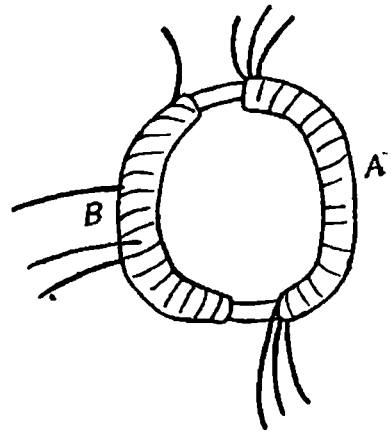


FIG. 7. SCHEMA APARATULUI FOLOSIT DE FARADAY LA DESCOPERIREA INDUCŢIEI (DESEN COPIAT DIN CAIETUL LUI DE NOTE; DATA: 29 AUGUST 1831).

montajului lui Barlow: o roată de cupru (nedinţată) este aşezată între polii unui magnet puternic, în formă de potcoavă, iar două fire conductoare duc la bornele unui galvanometru, unul plecînd din centrul roţii, iar celălalt alunecînd pe periferia ei. Imediat ce aparatul era pus în mişcare, acul galvanometrului devia. Este primul generator de curent continuu care transformă direct energia mecanică în energia electrică. Se ştia că aceeaşi maşină putea funcţiona şi ca motor: era deci reversibilă[6].

[6] În anul următor, în 1832, Pixii şi, independent de el, dal Negro au construit generatoarele lor de curent alternativ: un magnet în formă de potcoavă se învîrtea în faţa unei bobine înfăşurate pe o potcoavă de fier. Curenţii obţinuţi erau destul de însemnaţi.
În 1833, Ritchie a făcut ca în loc de magnet să se rotească bobina, iar, în 1836, Clarke a redresat curentul alternativ cu ajutorul unui comutator.
De-abia în anul 1866, englezul Wilde a înlocuit magnetul cu un electromagnet cu excitaţie auxiliară prin pilă. În sfîrşit, în 1867, Werner Siemens s-a folosit de o derivaţie luată chiar de la maşină ca să excite electromagnetul, transformînd astfel definitiv „magnetoul" în „dinam".
Inelul lui Pacinotti a „apărut" în 1860, iar cel al lui Gramme, în 1868.

Chiar în primul său memoriu, Faraday recunoaște că aceste fenomene ascultă de o lege generală:

lege „foarte simplă, deși destul de greu de exprimat". Ele depind de felul în care conductorul „taie curbele magnetice... Înțeleg prin asta liniile de forță... care ar fi trasate de pilitura de fier sau care ar fi tangente la un ac magnetic foarte mic".

Iar, mai departe, se găsește această frază care stă — fără nici o îndoială — la originea celor două ecuații fundamentale ale lui Maxwell:

„Toate aceste rezultate arată că puterea de a induce curenți electrici este exercitată în mod circular de o rezultantă magnetică, sau axă de forță, exact după cum acțiunile magnetice circulare sînt produse de un curent electric".

În cea de a doua serie a *Cercetărilor* sale (ianuarie 1832), experiențele capătă un caracter mai cantitativ, iar teoria se precizează.

„Circuitul este constituit din două fire răsucite unul în jurul celuilalt, sudate împreună la un capăt și legate la celălalt capăt de cele două borne ale unui galvanometru. Oricare ar fi natura acestor fire, prin ele nu trece nici un curent atunci cînd amîndouă taie aceleași linii de forță. Mișcarea lor în cîmp generează *tensiuni* care se echilibrează. Legate separat la un galvanometru, intensitățile măsurate sînt, în aceleași condiții, invers proporționale cu rezistențele".

Fenomenul primar nu este deci generarea unui curent, ci a unei *tensiuni electromotoare de inducție*, independentă de natura și de proprietățile circuitelor. Tensiunea aceasta nu depinde, de altminteri, decît de mișcarea relativă a conductorului în raport cu magnetul inductor sau, mai general, în raport cu liniile de forță. Trebuie văzută aici una din originile îndepărtate ale principiului relativității, a cărui intuiție se pare că Faraday a avut-o.

Pe de altă parte, în timpul închiderii unui circuit inductor,

„liniile magnetice ar trebui considerate ca mișcîndu-se (dacă pot îndrăzni a spune așa) de-a curmezișul firului indus... dilatîndu-se spre exterior, începînd de la firul inductor, iar relația lor față de firul indus este aceeași ca și cînd acesta s-ar deplasa în sens invers, de-a curmezișul liniilor magnetice".

Se pare deci că încă de la începutul anului 1832 Faraday cunoștea legea fundamentală a inducției care îi poartă numele, cu toate că-i venea greu să o exprime în cuvinte.

Douăzeci de ani mai tîrziu, în cea de a 28-a serie a *Cercetărilor* sale, enunțul va fi mai precis:

„Atunci cînd un fir se mișcă direct sau oblic de-a curmezișul liniilor de forță... el însumează cantitatea de forțe reprezentată prin liniile pe care le-a întretăiat... Cantitatea de electricitate dusă de curent este proporțională cu numărul liniilor întretăiate"

Iar mai departe, precizîndu-și ideea care și-o făcea despre liniile de forță:

„Cantitatea relativă de forţă... într-un spaţiu dat este indicată prin concentrarea sau separarea lor". Astăzi am spune: densitatea liniilor de forţă reprezintă intensitatea cîmpului, iar numărul acelora dintre ele care traversează o suprafaţă dată este egal cu fluxul.

Toate aceste idei erau foarte clare în mintea lui Faraday. Era convins că imaginea liniilor de forţă reprezintă cu adevărat acţiunea magnetică. Numai noţiunea de tensiune elecctromotoare nu era încă perfect de bine definită, iar cuvîntul acesta nu se găseşte în memorii.

Abia în 1834, după doi ani dedicaţi studiului electrolizei, Faraday — reluîndu-şi experienţele de electromagnetism — descoperă extracurenţii de deschidere şi de închidere a circuitelor, adică efectele de selfinducţie.

Din acest punct de vedere, Faraday fusese precedat de americanul Joseph Henry (1797—1878). Acest inginer şi fizician de mare talent se ocupa, din 1828, cu perfecţionarea electromagnetului lui Arago şi cu aplicarea lui la telegraf. În 1832, Henry a observat că în timpul deschiderii sau închiderii unui circuit electric se produceau scîntei cu atît mai energice, cu cît lungimea circuitului era mai mare.

„Intensitatea efectului creşte puţin atunci cînd firul este bobinat în elice... nu pot să-mi explic acest fenomen decît presupunînd că firul lung este încărcat cu electricitate care, printr-o reacţie asupra ei însăşi, proiectează o scînteie atunci cînd legătura este întreruptă". fo.

Sîntem departe de liniile de forţă magnetice şi de vederile profunde ale lui Faraday. Într-o publicaţie din 1835, în care expune un studiu experimental foarte complet al acestor fenomene, Joseph Henry recunoaşte că ele nu sînt decît un caz particular de inducţie electromagnetică. Vom mai adăuga că tot el a mai observat, în 1838, curenţii induşi prin descărcarea unei baterii, adică prin electricitatea „ordinară".

ELECTROLIZA. În cea de a treia serie a *Cercetărilor* sale (1833), Faraday încheie demonstraţia — iniţiată de Volta, Davy şi alţii — a indentităţii dintre electricitatea „ordinară" şi cea „voltaică". El precizează cu această ocazie definiţia experimentală a cantităţii de electricitate care se scurge printr-un circuit într-un timp dat, prin două metode concordante, aceea a galvanometrului şi aceea a voltmetrului (aparat inventat de el, care îi servea la măsurarea cantităţii de substanţă descompusă de curent).

În felul acesta, Faraday este determinat să se ocupe de fenomenele de electroliză cărora le consacră cinci serii ale *Cercetărilor* (1833—1834). El inventează cuvîntul electroliză, precum şi un întreg vocabular nou (catod, anod, ioni etc.), cu scopul de a nu se îndepărta de descrierea obiectivă a fenomenelor şi de a evita orice imagine teoretică *a priori*. Una dintre aceste imagini, la modă pe atunci, i se părea echivocă: se admitea că descompunerea unei soluţii nu se produce decît în vecinătatea polilor care aduc curentul şi că numai considerabilele forţe de atracţie şi de repulsie care se exercitau în jurul polilor erau capabile să învingă afinităţile chimice.

Pentru ca să verifice valoarea acestei păreri, Faraday montează o experienţă, în care electroliza se producea între „electrozi de aer", prin intermediul unor efluvii trecînd prin gaz între un lichid şi nişte vîrfuri metalice. Fiindcă şi în acest caz se observa o descompunere chimică, el conchide: „Forţa determinantă nu este la poli, ci în lichidul care se descompune".

Gîndindu-se într-una la acţiuni ce se propagă din aproape în aproape, el admite că această forţă este cîmpul electric şi construieşte o teorie a electrolizei care nu mai este acceptabilă astăzi, dar care a jucat un rol important în dezvoltarea ideilor sale:

Cîmpul electric începe prin a polariza moleculele electrolitului, ceea ce are ca efect slăbirea legăturilor dintre cei doi componenţi, ionii pozitivi şi ionii negativi. O dată ce această legătură a fost slăbită, trecerea unui ion de la o moleculă la alta vecină se face cu uşurinţă prin atragerea lui de către un ion de semn contrar, aparţinînd acestei din urmă molecule, şi el însuşi semieliberat. Se produce astfel, din aproape în aproape, o descompunere şi o recombinare a moleculelor.

Rezultă că în fond Faraday modifică şi completează teoria lui Grotthus prin ideea polarizării electrice prealabile. El reuşeşte astfel să explice, mai bine decît predecesorii lui, faptele observate, în special apariţia numai la electrozi a produselor de descompunere.

Nu vom enunţa aici binecunoscutele legi cantitative ale electrolizei pe care el le-a stabilit cu ajutorul unor experienţe de o extremă simplitate şi ingeniozitate. Vom cita doar cîteva dintre concluziile lui:

„Atomii de substanţă sînt înzestraţi într-un fel oarecare cu puteri electrice, sau sînt asociaţi cu asemenea puteri, cărora le datoresc calităţile lor cele mai remarcabile, în special afinităţile lor reciproce".

Şi continuă, cu mai multă precizie:

„Masele echivalente (echivalenţii chimici) ale corpurilor sînt doar cantităţi materiale care conţin o aceeaşi cantitate de electricitate... Sau, dacă adoptăm teoria sau frazeologia atomistă, atomii corpurilor, echivalenţi între ei, au cantităţi egale de electricitate care le sînt asociate în mod natural".

Cu toate că Faraday se apără într-una de ideea atomului, aflăm aici baza teoriilor atomiste ale electricităţii şi ale materiei. Teoria electrochimică, dezvoltată înaintea lui de către Berzelius, era mai vagă şi mai puţin suplă, fiindcă îi lipsea baza cantitativă.

DIELECTRICII. Consideraţiile pe care le făcuse Faraday asupra rolului cîmpului electric în descompunerea lichidelor conductoare l-au determinat să studieze efectele acestui cîmp asupra corpurilor izolante, lichide sau solide. El a consacrat acestui studiu doi ani (1837 şi 1838), precum şi patru serii ale *Cercetărilor* sale.

Iată două citate care arată cît se poate de bine punctul său de vedere:

„Fiindcă efectul global apare în electroliză ca o acţiune a particulelor aduse într-o stare specială de polarizare, am ajuns să bănuiesc că inducţia electrostatică obişnuită

este şi ea în general o acţiune între *particule învecinate* şi că o acţiune electrică la distanţă nu se produce niciodată decît prin influenţa materiei interpuse".

„Se poate spune că izolanţii sînt corpuri ale căror particule îşi pot păstra starea de polarizare, iar conductorii corpuri ale căror particule nu pot fi polarizate permanent". (Aceste din urmă particule îşi schimbă componenţii polari cu vecinele lor.)

Cuvîntul inducţie reprezintă pentru Faraday o acţiune care induce sarcini la suprafaţa conductorilor şi care se măsoară prin densitatea superficială:

„Sarcina implică totdeauna *inducţia*, fiindcă una nu se poate produce fără cealaltă, nici fără prezenţa *a două* forme de putere (ale celor două electricităţi) în cantităţi egale... Nu există sarcină *absolută* a materiei, cu un singur fluid".

Această scurtă concluzie rezumă într-o singură frază rezultatele mai multor serii de experienţe remarcabile: cu ajutorul faimoasei sale colivii el descoperă experimental principiul ecranelor electrice (demonstrat deja teoretic de Green) şi verifică riguros principiul conservării electricităţii, enunţat sumar de Franklin. În fine, la aproape 50 de ani după Cavendish, însă fără a-i cunoaşte lucrările, el măsoară *puterile inductoare specifice* (sau constantele dielectrice) ale diverşilor izolanţi, introducînd astfel definitiv acest concept important în fizică.

Studiind, în condiţii diferite, forma liniilor de forţă electrice, el observă că totul se petrece ca şi cînd acestea ar tinde să se scurteze, dilatîndu-se în lateral:

„Forţa de atracţie care există între particulele dielectricului în direcţia inducţiei este însoţită de o forţă de repulsie în direcţia transversală.

Inducţia pare să conste dintr-o anumită stare de polarizare a particulelor... stare de constrîngere, fiindcă nu ia naştere şi nu se menţine decît prin acţiunea unei forţe".

În cercetările sale apar trei idei fecunde: aceea a liniilor de forţă electrice (am putea spune, mai degrabă, a tuburilor de inducţie electrice) plecînd de la sarcini pozitive, pentru a ajunge la sarcini negative echivalente; aceea a tensiunilor şi presiunilor pe care ele le exercită şi le suferă, din aproape în aproape, şi care urmau să explice forţele lui Coulomb (aceste două idei vor fi dezvoltate matematic de Maxwell); precum şi aceea a polarizării dielectricilor, precizată în 1845 de W. Thomson şi în 1847 de Mossotti, care adaptează la cazul dielectricilor ideile lui Poisson asupra corpurilor magnetice. De altfel, chiar Faraday se referă în 1838 la ideile lui Poisson:

"Particulele unui dielectric izolant, supus inducţiei, pot fi comparate cu o serie de mici ace magnetice sau, mai corect, cu o serie de mici conductori izolaţi... [În cîmpul unei sfere încărcate] aceşti mici conductori devin polari; dacă sfera s-ar descărca, ei ar reveni cu toţii în starea lor normală".

Cazul vidului este lăsat în suspensie:

„Teoria mea... nu are pretenţia să decidă asupra consecinţelor referitoare la vid. Ea nu este în prezent, nici destul de delimitată, nici destul de precizată prin experienţă".

Faraday va medita întreaga lui viaţă la aceste probleme şi, mai ales, la ideea „particulelor învecinate" care transmit din aproape în aproape acţiunile ce par să se producă la distanţă. El o extinde mai întîi la forţele magnetice (1838):

„Mi se pare... probabil ca acţiunea magnetică să poată fi comunicată la distanţă prin acţiunea particulelor intermediare, în acelaşi fel în care forţele inductive ale electricităţii statice sînt transmise la distanţă. Aceste particule intermediare se află pentru un timp într-o stare particulară pe care am desemnat-o de mai multe ori (cu toate că într-un mod foarte imperfect) prin termenul de *stare electrotonică*".

Maxwell va preciza şi această idee a lui Faraday. În notele de mai tîrziu ale acestuia din urmă se găsesc idei şi mai generale care amintesc de ideile pe care Bošković le enunţase la mijlocul secolului al XVIII-lea.

El scria, de exemplu, în 1844: „Impresie finală, care ne obligă la meditaţii profunde: particulele nu sînt decît centre de forţă; forţa, sau forţele, sînt elemente constitutive ale materiei; nu există deci între particule un spaţiu distinct de materie; ele se ating... sînt materialmente penetrabile, probabil chiar pînă la centrul lor.

POLARIZAREA MAGNETICĂ ROTATORIE. Munca lui Faraday, întreruptă de boală în 1841, a fost reluată în 1845. Pe baza unor raţiuni de simetrie, John Herschel trăsese concluzia că „planul de polarizare a luminii poate fi deviat prin magnetoelectricitate". Inspirat, poate, de această idee a lui Herschel, Faraday avusese preocupări asemănătoare şi făcuse, începînd din 1822, experienţe, în special asupra electroliţilor aflaţi într-un cîmp magnetic (în 1834).

În septembrie 1845, exprimentînd asupra sticlei grele pe bază de plumb pe care o inventase, el descoperă fenomenul numit de el „magnetizarea luminii şi iluminarea liniilor de forţă magnetice", adică polarizarea magnetică rotatorie.

„Se dovedeşte deci — scria el — că forţele magnetice şi lumina au legături reciproce". Însă „forţele magnetice nu acţionează asupra razei luminoase direct şi fără intervenţia materiei".

Se cunoaşte importanţa istorică a acestei descoperiri: ea a reprezentat una din originile teoriei electromagnetice a luminii.

PROPRIETĂŢILE MAGNETICE ALE MATERIEI. La sfîrşitul anului 1845, pentru a studia mai exact acţiunea cîmpului magnetic asupra sticlei grele, Faraday a suspendat liber, între polii unui electromagnet, o prismă alungită, din acest material, observînd că prisma nu se orienta după liniile de forţă, cum ar fi făcut o prismă asemănătoare din fier, ci perpendicular pe aceste linii. Sferele din acelaşi material erau respinse în afara cîmpului. Aceasta însemna descoperirea *diamagnetismului*, un fenomen întrevăzut în mai multe rînduri, începînd din secolul al XVIII-lea, în special de A.-C. Becquerel, dar puţin studiat şi rău înţeles.

Faraday şi-a extins atunci cercetările, observînd că toate corpurile au proprietăţi magnetice. El le-a clasat în trei categorii: diamagnetice (cele mai numeroase şi asemănătoare sticlei grele), paramagnetice (care se orientează paralel cu liniile de forţă, fiind însă mult mai puţin polarizabile decît fierul) şi feromagnetice, singurele cunoscute şi studiate înaintea lui.

Pentru el, toate aceste fenomene se explicau prin curenţii induşi în molecule. Teoria lui privitoare la materialele para şi feromagnetice, este foarte discutabilă şi mai îndepărtată de ideile noastre moderne decît aceea a lui Ampère. Dar ideea că „în bismut, în sticla grea şi în corpurile diamagnetice curenţii sînt induşi... în direcţia curenţilor induşi într-un conductor în timpul *stabilirii* curentului inductor" (a cîmpului), i-a servit lui Weber drept bază pentru o teorie mai precisă, care a fost reluată mult mai tîrziu de P. Langevin şi dezvoltată din punct de vedere electronic.

În cursul acestor cercetări, Faraday a mai făcut şi o altă descoperire importantă, aceea a efectelor magnetocristaline, adică a anizotropiei magnetice a anumitor cristale, efecte pe care Poisson le prevăzuse şi asupra cărora lordul Kelvin va face mai tîrziu un studiu experimental şi matematic aprofundat.

Ultimele serii din *Experimental Researches* aveau în special scopul să precizeze proprietăţile „liniilor de forţă magnetice". Un ansamblu de experienţe extrem de ingenioase şi variate îi permit să demonstreze că:

„Orice linie de forţă trebuie să fie considerată ca un circuit închis trecînd, pe o parte a parcursului ei, printr-un magnet şi avînd în orice punct al parcursului aceeaşi cantitate de forţă (acelaşi flux)".

El ştie, de asemenea, că aceste linii se răsucesc în jurul liniilor de curent electric, formînd circuite care se înlănţuie unul de altul ca nişte inele. În sfîrşit, extinde la aceste linii teoria tensiunilor şi presiunilor pe care o imaginase pentru liniile de forţă electrice:

„Ampère şi Davy au demonstrat... că un curent electric tinde să se alungească... Liniile magnetice... comune unui magnet şi unui ac magnetic se scurtează... Curenţii electrici (paraleli) se atrag... Dar axele puterilor magnetice, sau liniile de forţă, se resping... *Aceste contraste se anulează* atunci cînd se consideră poziţia reciprocă a două circuite. în unghi drept unul faţă de altul".

Vom mai cita, în fine, una din *Cugetările* lui (din 1846) asupra vibraţiilor radiaţiei:

„Radiaţia este un fel de vibraţie rapidă a liniilor de forţă care unesc între ele particulele şi, în consecinţă, masele de materie... [Această ipoteză] îşi ia îndrăzneala să respingă eterul, dar nu şi vibraţiile".

Ultima experienţă a lui Faraday datează din 1862, cinci ani înainte de moartea lui. El încearcă să constate ce acţiune are un cîmp magnetic asupra proprietăţilor (culorii şi polarizării) luminii emise de o sursă. Aparatele lui nu erau însă destul de puternice pentru ca să poată observa aceste fenomene care au fost descoperite, după 35 de ani de progrese tehnice, de către Zeeman.

G. URMAȘII LUI AMPÈRE

În jurul anilor 1840—1850, epoca în care marile descoperiri experimentale din domeniul electricității se succedaseră într-un ritm rapid, se încheia cel puțin pentru cîtăva vreme. În fața teoreticienilor se deschideau două căi. Una din ele pleca de la lucrările lui Ampère: trebuia găsită o lege de forță sau de potențial pentru elementele de curent și, mai tîrziu, pentru sarcinile electrice în mișcare, care să explice toate fenomenele, inclusiv cele de inducție, lucru pe care formula lui Ampère nu-l făcea. În teoriile *acțiunilor la distanță*, ipotezele de bază erau puțin numeroase și neclar formulate, iar calculele se făceau prin metodele clasice ale mecanicii. Am avea poate dreptul să spunem că ajunseseră într-un impas, dacă ele n-ar fi condus pe parcurs la legi și la formule importante, precum și la o imagine a fenomenelor electrice care a fost forma embrionară a teoriei electronilor.

Cea de a doua cale era aceea pe care o deschisese Faraday și a cărei idee de bază era *propagarea din aproape în aproape* a acțiunilor electromagnetice. Puteau fi folosite în această teorie trei imagini, aceea a liniilor de forță, aceea a unui mediu interpus (eterul) și aceea a „particulelor în contact", mai mult sau mai puțin polarizate. Toate trei imaginile au fost utile. Dată fiind însă multiplicitatea ipotezelor (aceste teorii erau mai mult un ansamblu de încercări, care convergeau într-un sens determinat, decît o construcție coerentă), ideile lui Faraday au apărut la început confuze multor învățați și au rămas neînțelese multă vreme, chiar și mai tîrziu, după ce Maxwell le precizase limbajul matematic.

ECHIVALENTUL MECANIC AL CĂLDURII ȘI LEGEA LUI JOULE. Vom începe printr-un scurt studiu al formulelor propuse de succesorii lui Ampère. Înainte de asta este necesar însă să reamintim o descoperire fundamentală care urma să modifice și să reînnoiască din temelie ideile noastre asupra fenomenelor naturale. În 1842, Robert Mayer a stabilit echivalența dintre căldură și lucrul mecanic[7]. Independent de el, Joule a determinat această echivalență printr-o experiență directă (1845). În fine, în 1847, Helmholtz a publicat studiul său *Über die Erhaltung der Kraft* (Asupra conservării forței) în care principiul energiei este enunțat în întreaga lui generalitate. De altfel, aceste idei „pluteau în aer". Dintre „electricieni", Faraday, criticînd în 1840 teoria contactului a lui Volta, scrisese că ea implica „o *creare de putere*, lucru pe care nu-l face nici o altă forță din natură", Joule, în fine, publicase, în 1841, cercetările sale asupra căldurii degajate la trecerea unui curent electric printr-o rezistență. Pe baza acestor experiențe, fusese stabilită celebra „lege a lui Joule", care, completînd legea lui Ohm, urma să precizeze definiția energetică a tensiunii electromotoare. Lucrarea asupra echivalentului mecanic al căldurii era urmarea firească a acestei legi.

[7] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui G. Allard (pp 281—283).

LEGEA LUI GRASSMANN. Grassmann a făcut, în 1845, observaţia că, după cum arată cel de al treilea principiu al lui Ampère, nu era nici necesar, nici măcar logic ca acţiunile esenţial „transversale" să fie explicate printr-o lege elementară satisfăcînd principiile lui Newton. Din această cauză, el a propus o formulă conform căreia urma să se calculeze mai întîi, cu ajutorul legii lui Biot şi Savart, cîmpul elementului de curent ids în punctul în care se află elementul $i'd's'$ şi apoi, cu ajutorul legii reciproce, acţiunea acestui cîmp asupra celui de al doilea element. De fapt, o lege de acest fel, care nu satisfăcea principiul reacţiunii, nu putea fi înţeleasă din punct de vedere mecanic decît dacă se presupunea o propagare din aproape în aproape.

FRANTZ NEUMANN. STUDIUL MATEMATIC AL INDUCŢIEI ŞI NOŢIUNEA DE POTENŢIAL MUTUAL. Mult mai importante sînt cele două memorii din 1845 şi 1848 ale lui Frantz Neumann, în care se găseşte prima teorie matematică a inducţiei. Neumann se bazează pe o regulă calitativă importantă, descoperită în 1834 de E. Lenz, al cărei enunţ (pentru un caz particular) este următorul:

Atunci cînd un circuit se mişcă într-un cîmp magnetic, în el se induce un curent, al cărui sens este în aşa fel încît forţa pe care o suportă se opune mişcării.

Această regulă a sugerat ideea că curenţii induşi sînt generaţi, cel puţin în cazul mişcării, printr-un lucru mecanic exercitat contra forţelor electromagnetice. Plecînd de la această idee a lucrului mecanic „virtual" şi sprijinindu-se pe rezultatele experimentale ale lui Faraday, F. Neumann consideră tensiunea electromotoare de inducţie dE produsă de mişcare într-un element ds al unui conductor animat de o viteză v.

El admite că dE este dată de expresia:

$$dE = -v \cdot dF_v, \tag{4}$$

unde dF_v este proiecţia pe direcţia vitezei a forţei dF pe care cîmpul ar exercita-o asupra elementului ds conform legii lui Biot şi Savart, *dacă elementul respectiv ar fi parcurs de un curent cu intensitatea egală cu unitatea.*

Această ultimă ipoteză ar putea să pară arbitrară. Şi totuşi formula (4) s-a impus în teoria modernă a electronilor, în care orice conductor este constituit în esenţă din particule mai mult sau mai puţin mobile, purtînd sarcini pozitive şi negative. În acest caz v este intensitatea curentului produs de unitatea de sarcină pozitivă antrenată de conductor.

Un calcul simplu arată că cel de al doilea membru al formulei (4) este egal cu fluxul magnetic întretăiat în unitatea de timp de elementul ds. Această formulă este deci echivalentă cu legea lui Faraday.

În continuarea lucrării sale, F. Neumann abordează chestiunea dintr-un punct de vedere mai general. Plecînd de la ecuaţiile stabilite de Ampère pentru un circuit închis, el calculează *potenţialul mutual* $V_{ii'}$ al celor două circuite, adică lucrul mecanic ce ar trebui exercitat contra forţelor electrodi-

namice pentru a aduce circuitele, fără vreo modificare a formei sau a intensității lor, de la infinit în poziția lor actuală.

Formula pe care a obținut-o,

$$V_{ii'} = -ii' \iint \frac{\vec{ds} - \vec{ds'}}{r} \tag{5}$$

a rămas clasică ($\vec{ds} \cdot \vec{ds'}$ reprezintă produsul scalar al celor doi vectori $\vec{ds}$ și $\vec{ds'}$, iar r distanța dintre ei).

Această formulă explică toate faptele experimentale atunci cînd curenții sînt constanți, sau lent variabili, iar vitezele destul de reduse pentru ca viteza de propagare a acțiunilor electromagnetice (egală cu viteza luminii) să poată fi considerată drept infinită.

În special, dacă se consideră un element $\vec{ds'}$ fix și dacă integrarea se face în raport cu $\vec{ds}$ pe primul circuit, se obține *potențialul vectorial* al circuitului în punctul ocupat de $\vec{ds'}$. Maxwell va folosi mai tîrziu această mărime, dar dintr-un punct de vedere cu totul diferit.

OPERA LUI WILHELM WEBER. Lucrările contemporane ale lui Wilhelm Weber (1804—1891) sînt la fel de importante, însă orientarea lor este foarte diferită. Weber este, mai înainte de toate, un experimentator de primul ordin. Marea lui culegere de memorii (*Elektrodynamische Massbestimmungen*, 1840—1878) conține descrierea experiențelor și a aparatelor, precum și calculele teoretice.

Gauss a fost acela care l-a orientat pe Weber spre electromagnetism. În 1834, cei doi savanți au construit între laboratorul de fizică și observatorul Universității din Göttingen primul telegraf electric care a funcționat cu adevărat[8].

În 1832, Gauss măsurase în „valoare absolută" — cu alte cuvinte, calculată în unități geometrice și mecanice — cîmpul magnetic terestru și momentul magnetic al unui magnet. El a definit în felul acesta cu precizie unitatea de moment magnetic, tot așa cum Coulomb definise unitatea de sarcină electrică. Din această ultimă definiție decurge *sistemul de unități electrostatice*. Datorită definiției lui Gauss, pentru a lega intensitatea unui curent electric de mărimile mecanice este suficient să se măsoare acțiunea unui circuit electric, de formă corespunzătoare, asupra unui magnet și să se aplice legea lui Biot și Savart. Se obține astfel *sistemul electromagnetic* al lui Gauss. Weber a realizat experiențele, măsurînd cu ajutorul busolei tangentelor intensitatea unui curent „în valoare absolută" (1840). În continuare, el și-a perfecționat metodele și a construit un electrodinamometru, pentru a putea determina cantitativ acțiunea unui circuit asupra altuia, lucru care nu-i reușise niciodată

[8] Telegraful lui Cooke și Wheatstone este din 1837, iar acela al lui Morse din 1840. Reamintim de asemenea cercetările lui Henry. Cablul Calais-Douvre a fost instalat în 1851.

lui Ampère. În sfîrşit, în 1855, ajutat de R. Kohlrausch, el a măsurat direct raportul dintre unitatea electromagnetică şi unitatea electrostatică de sarcină electrică, raport care intra explicit în formula (6) a acţiunilor electrice, stabilită de el. Valoarea pe care a găsit-o ($3{,}11 \cdot 10^{10}$ cm.s^{-1}) era — dacă se ţine seamă de erorile experimentale — egală cu viteza luminii. Această descoperire capitală urma să devină baza experimentală a teoriei electromagnetice a luminii.

În 1846, Weber a publicat memoriul *Über ein allgemeines Grundgesetz der elektrischen Wirkungen* care avea scopul să concentreze într-o lege unică de interacţiune între particulele electrice în mişcare tot ce se ştia asupra electricităţii, adică să facă sinteza dintre electrostatică şi electrodinamică. În acest memoriu, curentul este definit explicit drept mişcare (în sens invers) a sarcinilor electrice de ambele semne.

Legea lui Weber se scrie:

$$f = \frac{ee'}{r^2}\left\{1 - \frac{1}{2c^2}\left(\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}\right)^2 + \frac{1}{c^2}\, r\, \frac{\mathrm{d}^2 r}{\mathrm{d}t^2}\right\}, \tag{6}$$

unde f este forţa de interacţiune a celor două sarcini e şi e' (ea satisface principiul lui Newton), r este distanţa dintre ele, iar c raportul dintre unităţi.

Primul termen este forţa lui Coulomb. Ultimii doi termeni reprezintă bine forţele electrodinamice şi efectele de inducţie cu condiţia să se admită că cele două fluxuri inverse de electricitate pozitivă şi negativă se deplasează — pentru orice curent — cu viteze absolut egale. S-a aflat însă curînd că aceste viteze pot fi măsurate în electroliţi şi că ele nu sînt egale.

Teoriei lui Weber i s-au adus şi alte obiecţii serioase, de ordin energetic, în special din partea lui Helmholtz şi Clausius. Cu toate acestea, ea a fost multă vreme de folos. Ea i-a servit lui Kirchhoff, de exemplu, să calculeze „mişcarea electricităţii în fire" în regim variabil şi apoi în conductorii cu trei dimensiuni (1857).

Weber nu a încetat să adîncească concepţia sa, profund fizică, asupra particulelor electrice în mişcare. În 1871, a publicat o teorie a magnetismului şi a diamagnetismului, foarte apropiată de ideile noastre moderne.

De exemplu, el scria:

„Fie e particula electrică pozitivă. Să mai presupunem că un atom ponderabil este atras de particulă astfel ca să mărească masa acesteia într-o asemenea măsură, încît masa particulei pozitive să devină imperceptibilă în comparaţie cu noua masă. În cazul acesta, ne-am putea reprezenta particula $-e$ ca fiind în repaus, iar particula $+e$ ca fiind în mişcare în jurul primei. Aceste două particule... constituie curentul molecular al lui Ampère".

Dacă facem abstracţie de semn, avem de-a face cu concepţia modernă. Dezvoltînd ideile lui Ampère şi ale lui Faraday, pentru Weber paramagnetismul se datora unor curenţi moleculari preexistenţi, orientaţi de cîmp,

iar diamagnetismul, curenților induși în circuitele moleculare. Aceste imagini, deocamdată semicalitative, vor fi precizate de Langevin în teoria electronilor.

NOȚIUNEA DE POTENȚIAL ÎNTÎRZIAT. Cercetările celorlalți cîțiva fizico-matematicieni nu prezintă decît un interes istoric.

În 1858, B. Riemann admite că potențialul electric nu ascultă de ecuația lui Poisson, ci de o ecuație de propagare cu viteză finită, care se reduce la ecuația lui Poisson în cazul static, și a cărei soluție se prezintă sub forma de *potențial întîrziat*.

Această noțiune, foarte importantă, a fost reluată în 1869, într-o formă diferită, de Carl Neumann (fiul lui Frantz Neumann) și de L. Lorenz, care a extins-o la potențialul vectorial (1867). Între timp apăruseră însă principalele memorii ale lui Maxwell. Se pare că Lorenz nu se îndoia de loc că ecuațiile de propagare pe care le satisfăceau potențialele sale întîrziate nu ar fi fost echivalente din punct de vedere matematic cu ecuațiile propuse de Maxwell.

REZISTENȚA FAȚĂ DE IDEILE LUI MAXWELL. Ideile lui Maxwell nu au fost înțelese bine la început și au fost criticate violent de savanții de pe continent. Timp de mai mult de 20 de ani, fizicieni iluștri au mai continuat să încerce elaborarea unor teorii electrodinamice bazate pe acțiunea instantanee la distanță.

Astfel, în 1877, R. Clausius a transformat teoria lui Weber într-o teorie unitară, în care era posibil să nu se ia în considerație decît un singur fel de sarcină în mișcare.

Expresia pe care a găsit-o pentru potențialul interacțiunii a două sarcini se reduce la potențialele lui Coulomb și ale lui Neumann în cazul curenților permanenți. Dar ea nu face să intervină viteza relativă, ca în formula lui Weber, ci viteza „absolută", în raport cu un mediu ipotetic, eterul. Din această cauză, teoria lui Clausius iese deci din cadrul strict al teoriilor bazate pe acțiunile la distanță.

LUCRĂRILE LUI HELMHOLTZ ÎN ELECTRODINAMICĂ. Interesul pe care îl prezintă lucrările lui H. Helmholtz (1821—1894) în electrodinamică, publicate între 1870 și 1874, se datorește nu numai eleganței și generalității lor, ci și faptului că Helmholtz a fost profesorul lui H. Hertz. Problemele pe care el i le-a pus lui Hertz au fixat atenția acestuia asupra problemei „curenților deschiși", a legăturilor dintre electrodinamică și polarizarea dielectrică, și a oscilațiilor electrice. În 1902, Pierre Duhem mai continua încă să prefere teoria lui Helmholtz aceleia a lui Maxwell-Hertz.

Helmholtz a fost condus să studieze electrodinamica curenților deschiși de cercetările sale asupra acțiunii fiziologice a descărcării condensatorilor. Mirat de faptul că toate formulele propuse începînd de la Ampère și, în special, începînd de la F. Neumann, explicau în aceeași măsură și faptele observate

în legătură cu curenţii închişi, el a căutat o ecuaţie a potenţialului mutual a două sarcini în mişcare, care să fie mai generală decît ecuaţia (5) a lui Neumann, dar să rămînă totuşi compatibilă cu principiul energiei.

El a obţinut o formulă destul de simplă care conţinea o constantă nedeterminată k, ceea ce îi dădea o anumită suplețe. Dacă se adopta valoarea $k = 1$, se regăsea potenţialul lui Neumann; pentru $k = -1$, se revenea la teoria lui Weber, iar pentru $k=0$ la aceea a lui Maxwell. Helmholtz era obligat în schimb să presupună că vidul conţinea sarcini electrice şi că era polarizabil. Această polarizabilitate a vidului nu avea nimic comun cu polarizarea pe care o va admite mai tîrziu teoria cuantică. Ea corespundea mai degrabă imaginii unui eter constituit din celule perfect conductoare, separate prin nişte pereţi izolanţi subţiri. Atunci cînd cîmpul electric variază şi modifică starea de polarizare a celulelor, curenţii produşi în celule sînt aceia care înlocuiesc, în această teorie, „curenţii de deplasare" ai lui Maxwell.

În cartea sa *Über die Erhaltung der Kraft* (1847), Helmholtz publicase o teorie simplă — dar puţin riguroasă — a tensiunii electromotoare de inducţie, bazată pe principiul energiei. Tot în această carte, el definise pentru prima dată energia unui sistem electrostatic.

Peste cîţiva ani, în 1858, el va face „splendida descoperire a legilor dinamice ale mişcării turbionare" (lord Kelvin). Vom reveni asupra contribuţiei sale la descoperirea electronului şi asupra cercetărilor pe care le-a făcut în legătură cu pilele electrice şi cu stratele electrice duble.

H. GUSTAN KIRCHHOFF ŞI WILLIAM THOMSON

Opera în domeniul electricităţii a acestor doi fizicieni contemporani trebuie tratată separat de aceea a fizicienilor despre care s-a vorbit mai sus, din două motive. În primul rînd, fiindcă — împreună cu Helmholtz şi Maxwell — ei sînt probabil, pentru fizică, cele mai importante personalităţi ale celei de a doua jumătăţi a secolului al XIX-lea şi, în al doilea rînd, fiindcă opera lor prezintă un caracter deosebit: cu toate că aveau amîndoi înclinaţii spre speculaţii teoretice, ei s-au ocupat şi de probleme speciale, adesea de ordin practic, tratîndu-le într-un spirit atît foarte larg, cît şi foarte concret.

KIRCHHOFF ŞI ELECTROCINETICA. În 1845, Gustav Kirchhoff (1824—1887), ca student încă, extinde teoria lui Ohm — care nu tratase decît cazurile lineare — la conductorii cu două dimensiuni, adică la plăci, şi demonstrează clasicele lui legi ale curenţilor derivaţi. Apoi, sprijinindu-se ca şi Ohm pe opera lui Fourier, stabileşte, în 1848, teoria generală a trecerii electricităţii prin conductorii cu trei dimensiuni. În toate aceste lucrări, nu era deocamdată vorba decît de tensiune sau de forţă electroscopică. De-abia după experienţele lui Kohlrausch, care a măsurat în 1848 tensiunea cu un electrometru, Kirch-

hoff identifică această mărime cu potenţialul electrostatic. Ţinîndu-se seama de legea lui Joule, s-a observat imediat că aceasta era singura definiţie energetică corectă a potenţialului.

IMPORTANŢA ŞI DIVERSITATEA LUCRĂRILOR LUI WILLIAM THOMSON. William Thomson (lord Kelvin) (1824—1907) a fost şi mai precoce decît Kirchhoff. În 1842, publică la Cambridge o lucrare anonimă *(Asupra mişcării uniforme a căldurii în corpurile omogene şi legătura ei cu teoria matematică a electricităţii)*, pe care o va dezvolta trei ani mai tîrziu.

În 1845, petrece un semestru la Paris, unde aduce la cunoştinţa savanţilor francezi *Eseul* lui Green, pe care îl va face să fie reimprimat în 1850. Publică în „Journal"-ul lui Liouville *Lettre sur le principe des images électriques* şi *Note sur les lois élémentaires de l'électricité statique*, pe care o va dezvolta în anul următor în memoriul *On the Mathematical Theory of Electricity in Equilibrium*. În acest memoriu, Thomson atrage atenţia asupra analogiei complete care există între ecuaţiile electrostaticii şi cele ale conducţiei termice staţionare, analogie care are drept consecinţă o identitate de proprietăţi între suprafeţele echipotenţiale şi suprafeţele izoterme. Ecuaţia de bază era în ambele cazuri aceea a lui Laplace, cu toate că în una se admitea acţiunea la distanţă, iar în cealaltă propagarea din aproape în aproape. Se pare că aceasta ar fi fost prima încercare de exprimare matematică a ideilor lui Faraday.

Doi ani mai tîrziu, Thomson, plecînd de la principiile stabilite de Faraday, caută să elaboreze o „reprezentare mecanică a forţelor electrice, magnetice şi galvanice" bazată pe elasticitatea solidelor. Aceste idei mecanice îi vor rămîne dragi şi va reveni asupra lor toată viaţa lui.

Astfel, el este condus să considere cîmpul magnetic (sau, mai curînd, inducţia magnetică) drept „rotorul" unui „potenţial vectorial" legat direct de intensitatea şi de forma circuitelor care produc cîmpul. Acest rezultat va fi folosit de Maxwell care va defini potenţialul vectorial independent de orice analogie mecanică.

Începînd din 1849 şi pînă în 1851, au apărut patru memorii, cu un caracter foarte diferit. Primul, *A Mathematical Theory of Magnetism*, conţine o teorie fenomenologică întemeiată pe „baza unică a faptelor în general cunoscute şi, în special, pe cercetările lui Coulomb", adică fără să implice intervenţia celor două fluide ale lui Poisson. Aceste fluide sînt înlocuite cu mărimi definite prin datele lor experimentale: magnetizare, susceptibilitate, permeabilitate (ultimele două fiind legate între ele). Studiul, început de Poisson, al forţelor care se exercită în cavităţi de diferite forme, conduce la definirea precisă a ceea ce numim astăzi, ca şi Maxwell, inducţia magnetică şi cîmpul magnetic, cărora ar fi fost poate mai bine dacă li s-ar fi lăsat denumirile, date de Thomson, de forţe (sau de cîmpuri), conform definiţiei lor electromagnetice şi polare. În cel de al treilea dintre aceste memorii, se află expresia exactă a „potenţialului unui circuit galvanic închis, de formă oarecare", şi a intensităţii i, expresie dată de o funcţie multiformă, a cărei valoare nu este definită decît cu o aproximaţie de $4\pi ni$, n fiind un număr întreg, ceea ce vrea să însemne că, la fiecare rotaţie care înconjură circuitul,

un pol-unitate face un lucru mecanic egal cu $4\pi i$. Avem aici ceea ce se numeşte teorema lui Ampère, inclusă virtual în ecuaţiile lui, dar neformulată de el în mod explicit.

Cel de al patrulea memoriu dezvoltă teoria efectelor magnetocristaline.

Este ciudat că W.Thomson a privit multă vreme cu scepticism teoria curenţilor moleculari a lui Ampère şi că nu i s-a alăturat formal decît în 1856, după ce încercase să stabilească „o reprezentare dinamică" a efectelor de polarizare magnetică rotatorie şi se convinsese că fenomenele magnetice au un caracter esenţial rotatoriu.

Din 1850 şi pînă în 1859, Thomson s-a ocupat în mai multe rînduri de probleme de energie sau de „valorile mecanice ale distribuţiei electricităţii, magnetismului şi galvanismului". El a dat pentru energia unui sistem de magneţi permanenţi sau induşi forma

$$W_m = \int (\mu H^2/8\pi)\, dV, \tag{7}$$

de care se va folosi mai tîrziu Maxwell. În această formulă, energia apare ca repartizată în întreg spaţiul între diferitele elemente dV ale volumului în care permeabilitatea este μ, iar cîmpul magnetic este H. El extinde apoi formula la cazul curenţilor şi demonstrează că energia electromagnetică a unui circuit parcurs de un curent i este $(^1/_2)\, Li^2$, L fiind coeficientul de selfinducţie care astfel se găseşte definit din punct de vedere energetic. Thomson calculează acest coeficient pentru cazul unei bobine.

În 1853, atenţia lui este atrasă de un fenomen constatat de mai multe ori înaintea lui. F. Savaray studiase, începînd din 1827, magnetizarea acelor de oţel produsă prin descărcarea unui condensator. Fiindcă la această magnetizare observase strate alternate, el trăsese concluzia că „mişcarea electricităţii în timpul descărcării constă dintr-o serie de oscilaţii". Aceeaşi observaţie o făcuse şi Joseph Henry în 1842. W. Thomson pune la punct problema prin calcul. Luînd în considerare capacitatea condensatorului, rezistenţa şi selfinducţia circuitului, el face teoria completă a fenomenului, stabileşte condiţiile de oscilaţie şi calculează frecvenţa şi amortizarea. Peste patru ani, toate concluziile lui sînt verificate experimental de Fedderson care analizează fenomenul cu ajutorul unei oglinzi rotative. Aceste descărcări oscilante, care au jucat un rol fundamental în experienţele lui Hertz, au fost folosite la emisia undelor radio pînă la descoperirea lămpilor cu trei electrozi.

Începînd din 1854, Thomson se ocupă de telegrafia submarină. Participă personal la instalarea primului cablu Europa-America, construieşte receptoare *(siphon-recorders*[9], galvanometre sensibile), stabileşte ecuaţia propagării semnalelor (ţinînd seama de rezistenţa şi de capacitatea repartizată de-a lungul cablului şi considerînd neglijabilă selfinducţia) şi arată că există o deformare şi o întîrziere acustică progresivă, fiindcă viteza sunetului depinde de frecvenţă.

[9] Înregistratoare cu tub capilar. — N.T.

În 1857, Kirchhoff abordează o problemă asemănătoare, aceea a propagării unui semnal electric de-a lungul unui fir telegrafic cu secţiune circulară. În cazul acesta, trebuie să se ţină seama concomitent de selfinducţie, de rezistenţă şi de capacitatea repartizată de-a lungul firului. Admiţînd că densitatea curentului electric este aceeaşi pe întreaga secţiune normală şi servindu-se de formula (5) a lui Weber — o dovadă că ea era utilizabilă — Kirchhoff rezolvă complet problema. El stabileşte, pentru cazul acesta particular, *ecuaţia telegrafiştilor* (pe care Heaviside o va regăsi mai tîrziu, în 1876, în întreaga ei generalitate), calculează expresia selfinducţiei şi a capacităţii pe unitatea de lungime a firului şi demonstrează că, în cazul cînd rezistenţa este neglijabilă, semnalele se propagă cu o viteză egală cu raportul dintre unităţile celor două sisteme electrice (pe care le măsuraseră nu de mult Weber şi Kohlrausch), adică cu viteza luminii. Acest rezultat, bazat pe electrodinamica acţiunii la distanţă aplicată la curenţii „cvasistaţionari", a rămas clasic. Este aproape sigur că el a contribuit la orientarea gîndirii lui Maxwell.

Vom cita, dintre celelalte lucrări ale lui William Thomson, teoria termodinamică a fenomenelor termoelectrice (1851), construcţia electrometrului cu cvadranţi (1867) şi a electrometrului absolut (1870), noua măsurare a raportului unităţilor, determinarea ohmului etc. Lui William Thomson i s-a acordat în 1892 titlul de lord Kelvin.

I. TEORIILE MECANICE

Descoperirea principiului conservării energiei a apărut în ochii contemporanilor ca o dezvăluire a unităţii forţelor naturii. Acest principiu era cunoscut, de altminteri, de multă vreme în mecanică sub numele de „teorema forţelor vii". Şi termodinamica a fost numită la început „teoria mecanică a căldurii". Teoriile optice, ca acelea ale lui Fresnel, de exemplu, care s-au bucurat de un succes atît de mare, se bazau şi ele pe imagini mecanice.

Era deci firesc ca fizicienii acestei epoci să creadă că era posibil să realizeze, în sfîrşit, idealul lui Descartes — reducerea tuturor fenomenelor la figuri şi la mişcări — cu condiţia să introducă cîteva noţiuni noi, ca acelea de energie cinetică şi de energie potenţială. Se părea că nu mai există decît o singură problemă, şi anume aceea a construirii unei teorii mecanice a electricităţii şi a magnetismului, teorie care urma să permită în acelaşi timp precizarea structurii eterului.

Pînă la sfîrşitul secolului al XIX-lea, au fost făcute eforturi considerabile, în acest sens, de cei mai mari fizicieni: W. Thomson, G. Stokes, Kirchhoff, Maxwell, Helmholtz (ale cărui lucrări asupra turbioanelor au avut un rol fundamental), L. Boltzmann, C.A. Bjerknes, Larmor etc. Aceste cercetări n-ar fi rămas decît nişte încercări ingenioase, dar nereuşite, dacă din ele nu s-ar fi desprins noţiunile mai abstracte de vector, tensor, cîmp, simetrie, operator, de care se serveşte astăzi fizica.

O scurtă analiză va putea să ne facă să înțelegem cîteva din ideile generale care obsedau pe vremea aceea spiritele celor mai mulți dintre teoreticieni, idei care ni se par astăzi atît de depărtate.

Faraday recunoscuse existența legilor de reciprocitate care legau între ele „în mod circular" vectorii electrici și magnetici. După 20 de ani, majoritatea fizicienilor căzuseră de acord asupra acestui lucru. Din această cauză însă se prezenta, din punct de vedere mecanic, următoarea alternativă.

Dacă se admitea, ca și Ampère, că curentul electric era un adevărat curent de materie, atunci cîmpul electric, cauza acestei mișcări, poseda proprietăți similare și putea fi asimilat cu o deplasare într-un solid elastic. Liniile de forță (sau, mai curînd, de inducție) magnetice reprezentau în acest caz axele turbioanelor formate de aceste mișcări. Imaginea aceasta se impunea deosebit de categoric atunci cînd se atribuia magnetizarea corpurilor unor curenți circulari, circulînd în moleculele lor. Asemenea teorii mecanice au fost propuse, între alții, de Thomson (în special, începînd din 1856), ca și de Maxwell, în 1861.

Se mai putea însă presupune — așa cum făceau Oersted și Wollaston — că un fir parcurs de un curent electric era axa unui turbion produs de un fluid care se mișca după liniile de forță magnetice. Această concepție, propusă, printre alții, de Faraday, a fost susținută în special de Helmholtz în 1858 și de Kirchhoff începînd din 1860. Asemenea analogii mecanice au fost dezvoltate chiar de Thomson și Maxwell la începutul lucrărilor lor.

În amîndouă cazurile, forțele electrice și magnetice puteau fi explicate pe cale hidrodinamică și considerate ca atracții sau repulsii între turbioane (studiate de Helmholtz și observabile în „rotocoalele" de fum) sau ca interacțiuni între „sfere pulsante", măsurate în special de C.A. Bjerknes (1877).

Problema care se punea însă în realitate (și care a fost enunțată cu toată claritatea de Pierre Curie, în 1883) era aceea de a se ști care era *simetria* cîmpurilor electric și magnetic. Sub forma aceasta, eliberată de orice imagine mecanică, ea a fost rezolvată de Thomson și Maxwell, iar mai tîrziu de Curie: cîmpul electric este un vector polar avînd aceeași simetrie ca o deplasare sau ca un con, iar cîmpul magnetic un vector axial, avînd simetria unui cilindru de rotație[10].

În ceea ce privește eterul, proprietățile „mecanice", care trebuiau să-i fie atribuite, erau destul de paradoxale. Ar fi urmat să fie cînd un fluid perfect, cînd un solid. Trebuia să aibă capacitatea de a transmite vibrații transversale, iar pentru a fi explicată absența undelor longitudinale se putea admite că viteza acestora era sau infinită (incompresibilitate totală), sau nulă (compresibilitatea perfectă). O ipoteză emisă de Mac Cullagh a fost reluată

[10] Principalul motiv invocat de Thomson și Maxwell a fost simetria perfect definită a polarizării magnetice *rotatorii* a luminii. Acestui motiv, P. Curie i-a adăugat un altul, tot atît de categoric: simetria cîmpului electric este stabilită în mod univoc prin fenomenul *piezoelectricității*, pe care îl descoperise în 1881 împreună cu fratele său Jacques Curie, adică prin faptul că „o lamă convenabil tăiată într-un cristal hemiedru, cu fețele înclinate și așezată între două foi de cositor, constituie un condensator capabil să se încarce de la sine atunci cînd este comprimat".

de Thomson: în timp ce elasticitatea corpurilor materiale este datorată rezistenţei la schimbările de formă (dilatări şi forfecări), elasticitatea eterului s-ar datora reacţiunii la rotaţiile elementelor sale de volum în raport cu orientarea lor de echilibru, reacţiune care nu există la materia obişnuită. Este vorba de ipoteza *rigidităţii girostatice*.

Toate aceste scheme au fost discutate în amănunt pînă în jurul anului 1905. Nu mai tîrziu decît în 1900, Kelvin a prezentat Congresului internaţional de la Paris un raport cu titlul *Asupra mişcării unui solid elastic nedefinit, traversat de un corp care acţionează asupra lui prin atracţii şi repulsii*, raport destinat să pună în discuţie o teorie mecanică a eterului.

„Acolo unde îmi dau seama că n-am reuşit, este în eforturile stăruitoare, pe care le-am făcut aproape cincizeci de ani, ca să aflu ceva mai mult asupra eterului luminos şi asupra modului în care acesta intervine în forţele electrice şi magnetice.Nu ştiu în această privinţă mai mult decît ştiam acum 55 de ani".

În 1900, Larmour — şi el — autor al unor teorii mecanice, declara că:

ar trebui să se renunţe „la explicarea grupului simplu de relaţii care defineşte activitatea eterului, tratîndu-l drept o consecinţă mecanică a unei structuri ascunse a acestui mediu".

Se mai cunoştea, pe lîngă toate acestea, începînd din 1892, o *teorie fenomenologică* completă a electromagnetismului, aceea a lui Hertz. Relativitatea şi cuantele se apropiau.

J. J. C. MAXWELL ŞI TEORIA CÎMPURILOR ELECTROMAGNETICE

PRIMA SCHIŢĂ A UNEI TEORII MAGNETICE A CÎMPULUI ELECTROMAGNETIC. În 1855, la vîrsta de 24 de ani, James Clerk Maxwell (1831—1879) publică prima sa lucrare asupra electricităţii: *On Faraday's Lines of Force*. În această lucrare, el se inspiră în esenţă din *Experimental Researches* şi din articolele publicate de W. Thomson între 1845 şi 1847. Aceste ultime materiale îi ofereau modele de analogii fizice şi mecanice care ilustrau concret ideile lui Faraday. În memoriul citat, Maxwell nu prezintă o teorie mecanică coerentă, ci o serie de imagini hidrodinamice care îi permit să exprime legile electromagnetismului într-un limbaj matematic în mare parte nou. (Într-un caz particular, regăseşte o teoremă importantă, demonstrată de G. Stokes cu cîţiva ani înainte).

El arată mai întîi că legile cîmpului electrostatic au o analogie completă cu legile mişcării *irotaţionale* a unui fluid incompresibil între *surse* (sarcinile pozitive) şi *găuri* (sarcinile negative).

De asemenea, liniile de forţă magnetice generate de un curent electric (pe care îl înconjură circular) pot fi comparate cu mişcarea turbionară a unui fluid incompresibil.

Dacă se consideră în acest caz un curent electric, distribuit cu o densitate $\vec{u}$ în diferite puncte ale unui conductor cu trei dimensiuni, teorema lui Ampère poate fi exprimată local, datorită „formulei lui Stokes", prin ecuaţia cu derivate parţiale

$$\text{rot } \vec{\mathbf{H}} = 4\pi\vec{u}, \tag{8}$$

unde rotorul cîmpului magnetic $\vec{\mathbf{H}}$ este un vector auxiliar, căruia Maxwell îi calculează cele trei componente carteziene şi care reprezintă cantitativ felul cum liniile de forţă magnetice se învîrtesc, în fiecare punct al spaţiului, în jurul liniilor de curent electric[11].

Ecuaţia (8) este practic echivalentă cu legea (1) a lui Biot şi Savart şi cu teoremele stabilite de Ampère. Însă faptul că legea acţiunii la distanţă este înlocuită printr-o ecuaţie diferenţială înseamnă, în electromagnetism, trecerea de la teoriile de tip newtonian la teoriile care iau în considerare propagarea din aproape în aproape în spaţiu.

În cea de a doua parte a memoriului său, Maxwell se ocupă de efectele inducţiei. S-ar putea ca ceea ce l-a condus, pînă la sfîrşit, la „cea de a doua ecuaţie" a lui, să fi fost analogia, notată de Faraday, dintre legea efectelor de inducţie şi aceea a electromagnetismului. Probabil că Maxwell nu s-a gîndit la asta, mulţumindu-se doar să precizeze matematic noţiunea de stare electrotonică, rămasă destul de vagă. El identifică *intensitatea electrotonică* cu *potenţialul vectorial*, pe care W. Thomson îl definise în 1847 drept rotorul inducţiei magnetice şi care servise, implicit, în cercetările anterioare ale lui F. Neumann, Weber şi Kirchhoff.

Din această definiţie rezultă că fluxul de inducţie magnetică, care traversează o suprafaţă delimitată de un anumit contur, poate fi exprimat fără echivoc în funcţie de valorile potenţialului vectorial în diferitele puncte ale acestui contur. În acest caz, legea Faraday-Neumann ia următoarea formă simplă:

„În orice element al unui conductor, tensiunea electromotoare (de inducţie) se măsoară, în mărime şi direcţie, prin viteza instantanee de variaţie a intensităţii electrotonice (a potenţialului vectorial) în acest element", enunţ echivalent (dar într-o formă „integrată") cu cea de a doua ecuaţie a lui Maxwell.

Cu toate că foloseşte analogii mecanice, acest memoriu are drept unic scop „să prezinte spiritului geometrului o concepţie clară asupra relaţiilor liniilor de forţă cu spaţiul în care sînt trasate".

[11] În memoriile clasice ale lui A. Cauchy asupra deformării mediilor continue (1827—1841) se găsesc formule similare indicînd componentele „rotaţiei medii a elementelor de volum". Ecuaţii mai generale au fost stabilite de G. Stokes în *Dynamical Theory of Diffraction* (1849).

TEORIA „TURBIOANELOR MOLECULARE" ŞI APLICAŢIILE EI. ECUAŢIILE LUI MAXWELL. După şase ani de gîndire şi după ce publicase articole asupra altor subiecte, lui Maxwell îi apare, în 1861—1862, o a doua lucrare, *On Physical Lines of Force*, în care „îşi propune să analizeze fenomenele magnetice din punct de vedere mecanic", adică să elaboreze o teorie mecanică, cît mai coerentă posibil, a întregului electromagnetism.

Ideea lui de bază este aceea a unui eter constituit dintr-o multitudine de celule care — într-un cîmp magnetic — se rotesc toate *în acelaşi sens*, în jurul unor axe paralele cu liniile de forţă.

Energia cinetică a acestei mişcări turbionare nu este altceva decît energia magnetică, aşa cum o dă, pentru orice punct al cîmpului, ecuaţia (7) a lui W. Thomson. Celulele independente sînt presupuse fluide. Forţa centrifugă le dilată la ecuator şi le contractă după linia polilor, astfel că rezultă tensiuni şi presiuni magnetice care se manifestă în mediu aşa cum îşi închipuise Faraday: modelul permite calculul lor, iar valorile obţinute sînt acelea pe care le va da mai tîrziu o teorie fenomenologică corectă.

Pentru ca rotaţia să se transmită în acelaşi sens de la o celulă la alta, este necesar să se presupună că celulele sînt separate printr-un fel de rulmenţi cu bile, iar aceste bile — extrem de mici — constituie *electricitatea*. În timp ce în conductori bilele sînt libere să se mişte fără frecare, *în vid* şi în materialele izolante ele sînt legate elastic de celule. Un cîmp electric care acţionează asupra bilelor va produce într-un conductor un curent permanent, iar într-un material izolant o *deplasare electrică* limitată de reacţiile elastice dintre bile şi celule. *Inducţia electrică* a lui Faraday constă din această deplasare.

În felul acesta, în fiecare punct al dielectricului supus unui cîmp, se acumulează o energie — elastică în model — care nu este de fapt altceva decît energie electrică.

Maxwell dă acestei energii o expresie avînd aceeaşi formă ca (7), în care cîmpul electric E ia locul cîmpului magnetic H, iar constanta dielectrică ε ia locul permeabilităţii:

$$W_e = \int (\varepsilon E^2/8\pi)\, dV. \qquad (7\ bis)$$

Ca în orice mediu elastic, deplasarea „electricităţii" legată de celule dă naştere la tensiuni şi la presiuni. Acestea sînt tensiunile şi presiunile electrice pe care le prevăzuse Faraday. Modelul permite calculul lor, iar rezultatul este considerat şi acum corect.

Consecinţa cea mai importantă a acestei teorii este aceea că, dacă cîmpul electric care acţionează asupra dielectricului (material izolant sau vid) variază în timp, poziţia micilor bile de electricitate se schimbă, ceea ce dă naştere unui adevărat *curent de deplasare* care produce în jurul lui aceleaşi efecte magnetice ca un *curent de conducţie* într-un metal, de care nu diferă ca natură: în amîndouă cazurile mişcarea bilelor antrenează rotaţia celulelor.

Maxwell dezvoltă această „teorie a turbioanelor moleculare" în toate detaliile, aplicînd-o rînd pe rînd la magneţi, la curenţi şi la electricitatea statică. Astăzi, această teorie ni se pare complicată, fiindcă face să intervină la fiecare pas ipoteze greu de precizat. De altfel, Maxwell a şi abandonat-o mai tîr-

ziu. Nu-i nici o îndoială însă că ea i-a sugerat cîteva idei şi cîteva rezultate fundamentale care îşi mai păstrează şi astăzi întreaga lor valoare:

1. Localizarea energiei în tot spaţiul. Energia electrică şi energia magnetică — ale căror expresii în funcţie de cîmp sînt similare — joacă rolul de energie cinetică şi, respectiv, de energie potenţială.

2. Calculul precis al tensiunilor şi presiunilor electrice şi magnetice, din care rezultă — aşa cum presupunea Faraday — forţele ponderomotoare.

3. Existenţa în dielectrici (inclusiv vidul) a curenţilor de deplasare, proporţionali cu viteza instantanee a variaţiei inducţiei electrice $\vec{\mathbf{D}}$ (desemnată astăzi cu numele de deplasare, pe care i l-a dat Maxwell), şi nu numai a polarizării moleculelor, aşa cum ar fi putut să sugereze teoriile lui Faraday şi Mossotti:

Maxwell a fost deci condus să adauge în cel de al doilea membru al ecuaţiei (8) un „termen de deplasare", scriind:

$$\text{rot } \vec{\mathbf{H}} = 4\pi\vec{\mathbf{u}} + \delta\vec{\mathbf{D}}/\delta t, \qquad (8\ bis)$$

care este *prima sa ecuaţie* completă.

4. Legea inducţiei, pe care o enunţa primul său memoriu cu ajutorul potenţialului vectorial, poate fi exprimată echivalent printr-o ecuaţie diferenţială (*cea de a doua ecuaţie* a lui Maxwell):

Dacă se admite *unitatea forţei electrice*, adică identitatea dintre natura cîmpului electrostatic şi aceea a cîmpului electromotor de inducţie (ipoteză făcută adesea, implicit, în special de Weber, şi formulată mai tîrziu explicit şi clar de H. Hertz), această lege se scrie:

$$\text{rot } \vec{\mathbf{E}} = -\delta\vec{\mathbf{B}}/\delta t. \qquad (9)$$

Din relaţia (9) rezultă că variaţia cîmpului magnetic produce într-un material izolant (precum şi într-un conductor) un *cîmp electric de inducţie*, iar din (8 bis) că acest cîmp — variabil şi el — dă naştere la rîndul lui unui cîmp magnetic. Apoi ciclul se repetă[12]. Un semnal electromagnetic se poate propaga astfel, din aproape în aproape în spaţiu, iar teoria dă posibilitatea ca viteza acestei propagări să fie calculată. În vid, această viteză este egală cu raportul unităţilor, adică cu viteza luminii. Pentru corpurile transparente, Maxwell găseşte că între constanta dielectrică ε şi indicele de refracţie n există relaţia:

$$\varepsilon = n^2, \qquad (10)$$

care va provoca dificultăţi timp de peste 30 de ani, datorită verificării ei dificile. Atunci cînd se va înţelege însă mai bine de ce culorile sînt dispersate de o prismă, ea va asigura triumful *teoriei electromagnetice a luminii*.

[12] Într-un material izolant, deplasarea electrică şi inducţia magnetică sînt proporţionale cu cîmpurile corespunzătoare: $\vec{\mathbf{D}} = \varepsilon\vec{\mathbf{E}}$; $\vec{\mathbf{B}} = \mu\vec{\mathbf{H}}$, în care ε este constanta dielectrică, iar μ permeabilitatea magnetică.

FORMA DEFINITIVĂ A TEORIEI LUI MAXWELL. Dîndu-şi seamă de fragilitatea şi de caracterul prea precis ale modelului eterului, Maxwell publică în 1864 memoriul *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* în care ideile lui iau forma definitivă pe care şi-o vor păstra în *Treatise on Electricity and Magnetism* (1873), lucrare care a rămas biblia electricienilor şi în care sînt expuse rezultatele pe care le obţinuse în 1862. Expunerea nu se mai prezintă într-o formă riguros fenomenologică, ci reduce la minimum ipotezele şi imaginile:

„Existenţa unui mediu eterat care impregnează toate corpurile", „mecanism complicat... supus legilor generale ale dinamicii". Dar, „scopul meu este îndeosebi acela de a orienta spiritul cititorului spre fenomenele mecanice care îl vor ajuta să înţeleagă fenomenele electrice... valoare ilustrativă şi nu explicativă". Totuşi, pentru el, energia localizată în spaţiu „se află sub două forme diferite, care pot fi descrise fără anumite ipoteze, ca polarizarea electrică şi magnetică, sau conform unei *ipoteze foarte probabile* (sublinierea autorului), ca mişcarea şi deformarea unui aceluiaşi mediu".

Nu vom cita din acest memoriu decît o idee importantă şi fecundă. Considerînd energia electrică ca potenţială şi energia magnetică ca cinetică, Maxwell dă expresia matematică a acestor energii în funcţie de parametrii de configuraţie (cantităţi de electricitate debitate, parametri geometrici) şi de viteze (intensităţile curenţilor, vitezele cinematice). Coeficienţii de inerţie „electrică", analogi maselor, care intervin în expresia energiei cinetice, sînt coeficienţii de inducţie.

Pornind de pe această bază, metodele obişnuite ale mecanicii analitice permit scrierea *ecuaţiilor lui Lagrange* din care — dacă se admite legea (8 *bis*) a electromagnetismului — decurg automat ecuaţia (9) a inducţiei, precum şi valoarea forţelor ponderomotoare (ecuaţia (2)). Cu alte cuvinte, aplicarea principiilor generale ale mecanicii dă posibilitatea să se reducă numărul legilor independente pe care ar trebui să ni le furnizeze experienţa.

Acesta este rezultatul la care se gîndea Henri Poincaré atunci cînd scria: „Maxwell nu ne dă o explicaţie mecanică a electricităţii şi a magnetismului, ci se mărgineşte să demonstreze că această explicaţie este posibilă". În realitate, explicaţia nu este posibilă, însă din motive care nu erau cunoscute încă la sfîrşitul secolului trecut.

Metoda lui Maxwell a fost aplicată în teoria electronilor şi simplificată de H.A. Lorentz şi J. Larmor. Acesta din urmă, îndeosebi, a folosit — în locul ecuaţiilor lui Lagrange — principiul lui Hamilton, care conduce mai direct la ţintă prin aceea că impune ca o anumită „integrală de acţiune", în care intervine un operator „lagrangean", să ia o valoare extremă (minimă, în general).

În cazul electromagnetismului clasic, lagrangeanul este diferenţa dintre energia magnetică şi cea electrică. Există anumite teorii moderne, foarte îndepărtate de orice substrat mecanic, care admit şi ele *a priori* anumiţi operatori lagrangeni, pentru ca apoi să deducă, cu ajutorul aceleiaşi metode de calcul, relaţii verificabile prin experienţă. Această generalizare atît de fecundă a metodelor mecanicii îşi are originea în opera lui Maxwell.

PRESIUNEA RADIAŢIEI. Ne mai rămîne să vorbim de încă una din descoperirile lui Maxwell. Dezvoltînd în tratatul său teoria tensiunilor şi presiunilor electrice şi magnetice, el o aplică luminii şi demonstrează că, atunci cînd aceasta este absorbită sau reflectată, trebuie să exercite asupra materiei *o presiune de radiaţie*, foarte slabă, a cărei valoare — proporţională cu energia incidentă — o calculează.

Acest rezultat, bazat pe o teorie oarecum specială, a fost privit la început cu neîncredere. În 1876, Bartoli a stabilit că el era o consecinţă necesară a celui de al doilea principiu al termodinamicii, aplicat energiei radiante. Rezultatul nu a fost verificat experimental decît în 1899, de Lebedev. Este cunoscut rolul important pe care îl joacă în lumea stelară aceste „presiuni ale lui Maxwell-Bartoli".

Sper că prin această scurtă analiză am putut să-l fac pe cititor să înţeleagă intuiţia profundă şi extrema supleţe de spirit a lui Maxwell. Opera sa din domeniul termodinamicii şi al teoriei gazelor nu este deloc mai puţin importantă, iar în ceea ce priveşte experienţele electrice, teoria culorilor şi celelalte lucrări ale lui, nu putem face altceva decît să le amintim. Deşi — ca şi majorităţii oamenilor din vremea aceea — lui Maxwell i-a fost aproape imposibil să considere fenomenele fizice altfel decît pe bază de configuraţii şi de mişcări, adică pe baza mecanicii, totuşi, pînă la moartea lui, la 48 de ani, el ne-a învăţat noi moduri de a raţiona.

K. VERIFICAREA EXPERIMENTALĂ ŞI DEZVOLTAREA TEORIEI LUI MAXWELL

BIREFRINGENŢA ELECTRICĂ ŞI EFECTUL ROWLAND. Dintre experienţele pe care le-a generat publicarea *Tratatului despre electricitate* al lui Maxwell şi despre mişcarea de idei pe care ea a provocat-o, nu vom cita decît două exemple, anterioare descoperirilor lui Hertz.

În 1875, J. Kerr a descoperit o nouă legătură între electricitate şi optică: corpurile transparente amorfe, şi chiar lichidele, devin birefringente atunci cînd sînt supuse acţiunii unui cîmp electrostatic.

Cam prin acelaşi an, Helmholtz i-a cerut fizicianului american H.A. Rowland, care venise să lucreze în laboratorul lui, să verifice dacă *curenţii de convenţie*, adică sarcinile electrostatice în mişcare de translaţie, creau în jurul lor un cîmp magnetic, aşa cum admiseseră mai mult sau mai puţin explicit mai mulţi fizicieni, în special Faraday, Weber şi Maxwell. Rezultatul cercetărilor lui Rowland a fost publicat în 1876: un disc izolant, acoperit pe cele două feţe cu foiţe de aur încărcate cu electricitate de acelaşi semn, producea exact efectele prevăzute atunci cînd era pus în rotaţie rapidă.

Acest rezultat a fost pus la îndoială o bucată de vreme datorită experienţelor foarte ingenioase, dar afectate de erori, ale lui V. Crémieu (1900), pentru ca totul să reintre în ordine atunci cînd Pender şi Crémieu au găsit cauza erorilor.

Vom nota, în fine, că „efectul Rowland", obţinut prin mişcarea unor sarcini de acelaşi semn, reprezintă o obiecţie hotărîtoare împotriva formulei (6) a lui Weber, dacă nu şi împotriva teoriilor acţiunii la distanţă ale lui Clausius sau Helmholtz.

PRIMELE LUCRĂRI ALE LUI HERTZ. Heinrich Hertz (1857—1894) împlinise 21 de ani şi de-abia intrase în laboratorul lui Helmholtz de la Berlin cînd a abordat problema pusă la concurs de Facultatea de filozofie a universităţii: măsurarea „energiei cinetice a electricităţii în mişcare", sau în termeni moderni, determinarea valorii raportului m/e al masei faţă de sarcina purtătorilor de curent electric în metale. În luna august 1879, facultatea i-a decernat premiul. Prin două metode la fel de ingenioase, Hertz evaluase limita superioară a raportului căutat. Din punct de vedere modern, rezultatul era negativ, fiindcă limita aflată era cu mult superioară valorii reale. Nimic nu permitea să se presupună pe vremea aceea că în metale sarcinile electrice mobile erau electronii, particule de 2000 de ori mai uşoare decît atomii de hidrogen. De-abia în 1916, în posesia unor mijloace mult mai puternice şi a unor cunoştinţe mai extinse, Tolman urma să observe şi să măsoare un efect a cărui posibilitate fizicienii începuseră să o întrevadă.

În cursul aceluiaş an 1879, Helmholtz i-a atras atenţia lui Hertz asupra unei alte probleme pusă la concurs de Academia de Ştiinţe din Berlin: „Punerea în evidenţă pe cale experimentală a relaţiei dintre forţele electrodinamice şi polarizarea dielectrică". Era vorba de una din problemele capitale ale electromagnetismului, fiindcă de soluţia ei urma să depindă alegerea între teoria acţiunii la distanţă şi teoria lui Maxwell.

Hertz a înţeles că soluţia nu putea fi dată decît prin experienţe asupra descărcărilor oscilante ale condensatorilor. Dar calculele preliminare pe care le-a făcut l-au descurajat. Cu mijloacele pe care le luase în consideraţie, efectele prevăzute erau la limita posibilităţilor de observaţie.

Hertz a renunţat deci şi a început să se ocupe de probleme mai simple de electromagnetism, precum şi — în lucrări care au rămas clasice — de noţiunea de contact elastic şi de duritate, de evaporare a mercurului în vid şi de descărcările electrice în gazele rarefiate.

În 1884, preocupat din nou de problemele electromagnetismului, publică un articol teoretic *Asupra raporturilor dintre ecuaţiile fundamentale ale electrodinamicii lui Maxwell şi ale electrodinamicii adverse*. Urmînd în mod evident exemplul lui Ampère, care a descoperit acţiunea curenţilor asupra curenţilor datorită faptului că admitea unitatea forţelor magnetice, Hertz stabileşte *principiul unităţii forţei electrice*, pentru ca apoi, dezvoltînd analogia, semnalată de Faraday, dintre curenţii electrici şi circuitele magnetice de intensitate variabilă (sau „curenţii magnetici"), să deducă că aceştia din urmă trebuie să producă în jurul lor un cîmp electric (de inducţie) şi să suporte, într-un cîmp electric, forţe ponderomotoare.

Luînd astfel drept bază „premisele admise şi de electrodinamica adversă, precum şi modurile de raţionament care îi sînt apropiate", el stabileşte, printr-un calcul simplu deşi nu pe de-a-ntregul convingător, valabilitatea ecuaţiilor lui Maxwell.

DESCOPERIREA ŞI STUDIUL OSCILAŢIILOR ELECTRICE RAPIDE. Numit profesor la Karlsruhe, în 1885, atenţia lui Hertz a fost atrasă din nou de oscilaţiile electrice, datorită observării întîmplătoare a scînteilor care izbucneau simultan în două circuite cuplate avînd selfinducţie şi capacităţi de valori mici. El a început atunci să spere că va putea aborda în condiţii experimentale favorabile problemele la care medita de şapte ani. Lucrarea care a urmat, *Über sehr schnelle elektrische Schwingungen*, a fost publicată în 1887.

Iată introducerea ei:

„Teoria prevede posibilitatea unor oscilaţii mai rapide [decît acelea observate de Feddersen] în conductorii deschişi, ale căror extremităţi nu prezintă capacităţi mari. Ea nu poate decide însă dacă asemenea oscilaţii pot fi provocate cu o forţă apreciabilă [nu se putea prevedea că rezistenţa intervalului în care se produce scînteia trece practic de la infinit la zero într-un timp extraordinar de scurt, cu mult sub 10^{8} s]. Anumite fenomene m-au făcut să cred că oscilaţiile se produc de fapt în condiţii determinate, cu o forţă suficient de mare pentru ca efectele lor la distanţă să poată fi observate. Experienţele de mai tîrziu mi-au confirmat ipoteza...

Aceste oscilaţii sînt de aproape o sută de ori mai rapide decît acelea pe care le-a studiat Feddersen. După o evaluare pur teoretică, perioada lor este de ordinul unei sute de milionimi de secundă [o lungime de undă de ordinul a 3 m]. Interesul pe care îl prezintă se datoreşte tocmai acestui fapt şi este posibil ca studierea lor mai amănunţită să fie de folos pentru teoria electrodinamică".

Experienţa iniţială a fost simplă:

Un fir de cupru, îndoit în dreptunghi, constituia un „circuit secundar". La mijlocul uneia din laturile lui era amplasat un micrometru de scîntei M. Un alt fir conductor lega punctul P al dreptunghiului cu circuitul de descărcare al unei bobine de inducţie. Acest din urmă circuit era foarte deschis, fiind format din două tije drepte, aşezate cap la cap, şi avînd la extremităţile lor două sfere care serveau drept capacităţi şi care erau despărţite între ele printr-un interval reglabil unde se produceau scînteile primare.

Atunci cînd punctul de legătură P era aşezat asimetric faţă de micrometrul M, fiecare scînteie primară dădea naştere unei scîntei secundare. Dacă era aşezat însă la mijlocul laturii opuse a dreptunghiului, adică atunci cînd simetria celor două laturi era totală, scînteia secundară dispărea complet sau aproape complet. Spunem că legătura s-a făcut la „punctul de indiferenţă".

Existenţa acestui punct i-a dat lui Hertz cheia fenomenului. Perturbaţiile electrice se propagă de-a lungul firelor cu o viteză finită. Scînteile secundare au drept cauză o diferenţă de potenţial, adică diferenţa de fază dintre oscilaţiile foarte rapide ale potenţialului care, înainte de a ajunge la cei doi poli ai micrometrului, parcurg drumuri de lungime diferită în circuitul secundar. Scînteile dispar o dată cu această diferenţă de fază.

Continuîndu-şi experienţele, Hertz obţine scîntei secundare şi atunci cînd între cele două circuite nu mai există nici o legătură. Apoi, variind dimensiunile circuitului

primar şi măsurînd de fiecare dată, cu ajutorul micrometrului secundar, lungimea maximă a scînteilor, el trasează curba de rezonanţă. În sfîrşit, la mijlocul circuitului secundar, observă un nod de vibraţie a potenţialului.

Din momentul acela, el are în mînă toate elementele necesare cercetărilor sale de mai tîrziu: *rezonatorul* — un circuit dreptunghiular sau circular, cuprinzînd un micrometru de scîntei — şi *oscilatorul* — o tijă metalică dreaptă, tăiată la mijloc pentru a permite trecerea scînteilor primare şi prevăzută la capete cu o capacitate mică (sferă sau placă metalică), în poziţie reglabilă.

PROPAGAREA UNDELOR ELECTROMAGNETICE. Acum descoperirile încep să se succeadă rapid timp de un an. În noiembrie 1887, Hertz publică o notă *Asupra efectelor de inducţie produse de fenomenele electrice în materialele izolante* care dă un răspuns afirmativ problemei pe care i-o pusese, cu opt ani înainte, Helmholtz.

În februarie 1888, apare memoriul său fundamental: *Asupra vitezei de propagare a acţiunilor electrodinamice*, urmat curînd de un al doilea memoriu: *Asupra undelor electrodinamice în aer şi asupra reflexiei lor*[13]. Mai întîi, dispunînd în faţa uneia din plăcile oscilatorului o altă placă fixată la un fir lung şi drept, Hertz induce în acest fir, prin cuplaj electric, unde care se propagă în fir, reflectîndu-se la celălalt capăt şi formînd astfel unde staţionare. Cu ajutorul rezonatorului său, el cercetează nodurile şi ventrele, măsoară lungimea de undă şi — cunoscînd prin calcul frecvenţa proprie a oscilatorului — deduce viteza de propagare a undei. Apoi, observînd interferenţele dintre undele provenite de la cealaltă placă a oscilatorului (transmise prin aer) şi undele conduse de fir, el compară cele două viteze de propagare, În sfîrşit, dovedeşte, într-o sală lungă de 15 m, că undele aeriene se reflectă pe un perete metalic, dînd naştere la unde staţionare în spaţiu.

Toare aceste experienţe au rămas clasice. Au fost însă şi numeroase dificultăţi. Datorită unei erori în calculul capacităţii oscilatorului, Hertz a stabilit la început o viteză de 200 000 km/s. Această eroare a fost corectată peste puţină vreme de Henri Poincaré. Anumite incertitudini au fost provocate, pe de altă parte, de perturbaţiile de ordin experimental, în special de puternica amortizare pe care o sufereau vibraţiile oscilatorului datorită propriei sale radiaţii.

Această problemă a fost pusă definitiv la punct prin măsurările precise făcute de Lecher (1890), de Sarasin şi de L. de La Rive (1893). Viteza de propagare în fire şi în aer era într-adevăr egală cu aceea a luminii.

Rezultatele unei ultime serii de experienţe au apărut în decembrie 1888 în *Über Strahlen elektrischer Kraft* (Asupra radiaţiilor de forţă electrică). Perfecţionîndu-şi aparatele, Hertz a obţinut unde scurte (de 30 cm) reuşind să verifice asupra lor toate legile opticii: propagarea rectilinie şi difracţia, reflexia şi formarea imaginilor în oglinzile curbe, refracţia într-o prismă de răşină, polari-

[13] Aceste trei memorii succesive au ca titluri originale: 1) *Über Induktionserscheinungen hervor gerufen durch die elektrischen Vorgänge in Isolatoren;* 2) *Über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektrodynamischen Wirkungen;* 3) *Über elektrodynamische Wellen im Luftraume und deren Reflexion.*

zarea şi deci transversalitatea vibraţiilor. Analizorul lui — o reţea de fire metalice paralele — i-a dat posibilitatea să demonstreze că „vibraţiile lui Fresnel" erau paralele cu cîmpul electric al undei, iar vibraţiile lui „Neumann-Mac Cullagh" — paralele cu cîmpul magnetic. Vechea dispută în legătură cu „adevărata" direcţie a vibraţiilor luminoase îşi pierde orice sens.

Între timp, Hertz calculase cu precizie radiaţia oscilatorului său rectiliniu (dipolul lui Hertz) în *Dir Kräfte elektrischer Schwingungen, behandelt nach der Maxwell'schen Theorie* (1888). Calculul acesta i-a dat posibilitatea să dea o mai mare precizie interpretării tuturor experienţelor sale şi a servit mai tîrziu drept bază pentru numeroase cercetări, în special pentru cercetările lui Planck asupra „radiaţiei corpului negru" şi pentru cele ale teoreticienilor cuantişti asupra atomilor.

EFECTUL FOTOELECTRIC. Hertz mai descoperise „în treacăt" şi un fenomen neaşteptat, care stabilea o nouă legătură între optică şi electricitate şi a cărui importanţă teoretică şi practică urma să crească fără încetare. Era vorba despre *influenţa luminii ultraviolete asupra descărcării electrice* sau, aşa cum am spune astăzi, despre efectul fotoelectric. Lucrarea, apărută în iunie 1887, este un model de perspicacitate, de spirit de observaţie şi de rigurozitate ştiinţifică.

TEORIA LUI HERTZ. Rezultatele acestui magnific ansamblu de cercetări au fost hotărîtoare. Nu mai exista nici o îndoială că teoria lui Maxwell şi teoria electromagnetică a luminii începeau să fie, de atunci încolo, bazele temeinic stabilite ale electricităţii şi ale opticii. Mai rămîneau de realizat două sarcini: debarasarea operei fizicianului scoţian de toată schelăria pe care el o folosise ca să-şi construiască teoria şi apoi perfecţionarea ei, astfel ca să poată explica fenomenele pe care oamenii de ştiinţă nu reuşiseră să le facă să intre în acest cadru general, în special electrodinamica şi optica corpurilor în mişcare şi dispersia luminii.

Prima din aceste sarcini şi o parte din cea de a doua a fost realizată de Hertz. El şi-a expus teoria în două memorii care au apărut în 1890: *Asupra ecuaţiilor fundamentale ale electrodinamicii corpurilor în repaus* şi *Asupra ecuaţiilor fundamentale ale corpurilor în mişcare*[14].

Metoda pe care a urmat-o, şi care a rămas clasică, este fenomenologică şi axiomatică. Ea se apropie, de altfel, de aceea pe care a folosit-o O. Heaviside într-o serie de lucrări anterioare (1885) şi contemporane. Respingînd orice model mecanic, Hertz admite, ca rezultînd din experienţă, ecuaţiile fundamentale ale lui Maxwell, în număr de nouă [15]. El demonstrează că aceste ecuaţii sînt în acord cu principiul conservării energiei, folosindu-se de o teoremă stabilită

[14] *Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper; Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für bewegte Körper.*

[15] Expresiile (7) şi (7 *bis*) ale energiei, ecuaţiile (8 *bis*) şi (9) care leagă între ele cele două cîmpuri, cele două ecuaţii care exprimă absenţa divergenţei la tuburile de inducţie magnetică şi divergenţa tuburilor de inducţie electrică începînd de la sarcinile electrice şi, în fine, cele trei relaţii de proporţionalitate dintre inducţii şi cîmpuri în materialele izolante şi în corpurile magnetice, dintre cîmp şi densitatea curentului în conductori, relaţii care definesc constanta dielectrică, permeabilitatea magnetică şi conductivitatea.

în 1884 de Poynting asupra existenţei şi expresiei fluxului de energie legat de prezenţa simultană, în aceleaşi puncte ale spaţiului, a unui cîmp electric şi a unui cîmp magnetic. În final, deduce consecinţele, comparîndu-le cu forţele experimentale. El adaugă:

„În prezent, nu se poate verifica, prin experienţă, fiecare formulă izolată, ci numai sistemul luat în totalitatea lui. De altfel, acelaşi lucru se întîmplă şi cu sistemul de ecuaţii ale mecanicii ordinare".

Acordul cu experienţa este excelent, cu excepţia unui aspect important: ecuaţiile care descriu, în această teorie, proprietăţile electromagnetice ale materiei şi care fac să intervină numai *trei constante* (conductivitatea, permeabilitatea magnetică şi constanta dielectrică) nu pot reprezenta, în mod adecvat, fapte mult mai complicate. Această incapacitate se datoreşte de altminteri concepţiei prea rigide a metodei fenomenologice. Deoarece cîmpurile sînt mărimi fundamentale, măsurate efectiv, Hertz şi fizicienii din şcoala lui sînt înclinaţi să trateze sarcinile şi curenţii electrici ca pe nişte simple singularităţi ale cîmpurilor: zone de convergenţă sau de divergenţă ale liniilor de inducţie electrice, linii de turbion ale cîmpului magnetic etc.

PROBLEMA „ANTRENĂRII ETERULUI". Fără să insistăm asupra fenomenelor complexe de magnetizare, să analizăm constanta dielectrică a unui material izolant. În *teoria corpurilor în repaus* ea este un număr care poate fi determinat printr-o experienţă statică şi care defineşte în bloc proprietăţile electrice şi optice ale unui material dat. Conform ecuaţiei (10), constanta dielectrică trebuie să fie egală cu pătratul indicelui de refracţie al materialului, indice care nu este constant, fiindcă depinde de lungimea de undă. Teoria nu poate explica deci dispersia cromatică a luminii.

Dar mai există un aspect care li s-a părut şi mai serios contemporanilor lui Hertz. În teoria acestuia nu există, pentru dielectricii *în mişcare*, decît două alternative: liniile de inducţie electrică pot fi legate de corp (pe care îl urmează în timpul translaţiei), sau pot rămîne imobile. Hertz adoptă prima alternativă, care reprezintă ipoteza cea mai firească şi care este denumită a *antrenării totale a eterului*.

Experienţa nu verifică nici prima, nici cea de a doua ipoteză: *antrenarea eterului este parţială*. Fresnel admisese această din urmă ipoteză încă din 1818, elaborînd pentru gradul de „antrenare a eterului" o formulă precisă care a fost verificată direct, în 1851, de Fizeau[16]. În 1903, Eichenwald urma să studieze direct antrenarea liniilor de inducţie de către discurile dielectrice în rotaţie rapidă şi să verifice, pentru acest caz, formula propusă de Fresnel, în care constanta ε înlocuia pur şi simplu pătratul indicelui de refracţie.

DISPERSIA LUMINII ŞI REFLEXIA METALICĂ. În cee ce priveşte teoria dispersiei luminii, ea a ajuns la forma ei modernă atunci cînd Le Roux a descoperit, în vaporii de iod, fenomenul dispersiei anomale (1862), şi cînd Kundt a determinat,

[16] A se vedea în legătură cu această chestiune studiul d-nei M.-A. Tonnelat (pp. 187—193).

în 1871, legătura ei cu absorbţia: în vecinătatea unei benzi de absorbţie, indicele de refracţie suferă variaţii mari. În partea dinspre „violet", sensul acestei variaţii este „anomal", fiindcă indicele creşte cu lungimea de undă. Puţin timp după aceea, în 1871, Sellmeier a stabilit că era vorba de un fenomen de rezonanţă, datorat existenţei frecvenţelor proprii ale moleculelor. Această teorie *mecanică*, care fusese întrevăzută de Maxwell încă din 1869, a fost precizată, în 1875, de Helmholtz. Cîţiva ani mai tîrziu, în 1878, H. A. Lorentz a tradus această teorie în limbaj electromagnetic, pentru ca în 1892 Helmholtz să-şi ia, independent de Lorentz, aceeaşi sarcină. Ajungem, în acest punct, la un moment important din istoria teoriilor electrice: existenţa frecvenţelor proprii, perfect definite, implică în mod necesar prezenţa în molecule şi în atomi a unor rezonatori dipolari, adică a unor particule materiale posedînd atît o sarcină, cît şi o masă bine determinate. Aceasta a fost una din originile teoriei electronilor.

Formula dispersiei, stabilită de Helmholtz, în care intră mai multe frecvenţe proprii, în special în ultraviolet şi infraroşu, a fost verificată, începînd din 1895, de Rubens şi colaboratorii lui la un anumit număr de cristale transparente. Una din constantele acestei formule este indicele de refracţie pentru o lungime de undă infinită. În toate cazurile studiate, pătratul indicelui de refracţie a fost găsit egal — dacă neglijăm erorile experimentale — cu constanta dielectrică (ecuaţia (10)). În felul acesta, teoria lui Maxwell, corectată, şi-a aflat o confirmare strălucită.

O dificultate similară se prezentase şi pentru puterea reflectantă a metalelor care, conform teoriei lui Maxwell, trebuia să fie o funcţie definită de conductivitate. Pe vremea aceea, nu se cunoştea încă o teorie a dispersiei în metale. Dificultatea a fost rezolvată însă prin experienţă: în 1902, Hagen şi Rubens, folosindu-se de radiaţii infraroşii cu o lungime de undă foarte mare, aflate dincolo de orice bandă de absorţie selectivă, au demonstrat că în acest domeniu relaţia aflată de Maxwell era în perfect acord cu experienţa.

INVENTAREA TELEGRAFIEI FĂRĂ FIR. Ne mai rămîne să spunem cîteva cuvinte despre una din consecinţele cele mai importante ale experienţelor lui Hertz: inventarea şi dezvoltarea rapidă a telegrafiei fără fir, eveniment cu o istorie complicată, aşa cum se întîmplă cu multe dezvoltări tehnice, care a răscolit din nefericire, în diferite ţări, pasiuni naţionaliste.

Cu toate că nu s-a interesat de transmiterea semnalelor la distanţă mare, Maxwell şi Hertz sînt de fapt — incontestabil — cei doi „părinţi ai telegrafiei fără fir". Primul i-a stabilit bazele teoretice, iar celălalt, bazele experimentale. Restul nu a constat decît dintr-o punere la punct tehnică, operaţie de altfel adesea dificilă.

Este sigur că oscilatorul lui Hertz era de o putere slabă şi că rezonatorul cu scîntei avea un randament mediocru. Bătaia maximă pe care a atins-o — fără ca Hertz să fi căutat de altfel să o atingă — a fost de ordinul a 20 m. Transmiterea comunicărilor la distanţe mari urma să pretindă emiţătoare mai puternice şi, în primul rînd, receptoare mult mai sensibile.

Problema receptorului va fi prima care își va găsi soluția, datorită unui fenomen care, în decursul secolului al XIX-lea, fusese obiectul unor observații numeroase, dar răzlețe. El a fost regăsit, în 1890, de Edouard Branly, care, fără să reușească de altfel să-i elaboreze o teorie corectă, l-a supus unui studiu destul de amănunțit pentru a ajunge să construiască un instrument utilizabil direct în practică: tubul cu pilitură de fier.

Vom enumera mai întîi cîțiva dintre precursorii lui Branly.

În 1835, Munk af Rosenschöl, făcînd ca descărcările unei butelii de Leyda să treacă printr-un tub conținînd particule de cositor, de amalgam sau de cărbune, a observat că rezistența electrică a tubului descrește brusc după fiecare descărcare, pentru ca să-și reia valoarea inițială după ce tubul era scuturat.

În 1842, J. Henry a observat — fără să înțeleagă fenomenul — transmiterea la distanță, prin inducție, a impulsurilor electrice produse de scîntei puternice.

În 1856, frații Varley au făcut cunoscut, printr-un brevet, că „materia conducătoare sub formă de pulbere oferă o rezistență mare unui curent de tensiune moderată, dar o rezistență redusă unui curent de tensiune ridicată".

În 1878, cu zece ani înaintea lui Hertz, D. E. Hughes a făcut niște încercări care ar fi putut conduce la rezultate mult mai concludente. În cursul cercetărilor sale asupra microfonului, el a așezat într-un circuit conținînd o pilă și un telefon, fie un microfon cu cărbune, fie un tub de sticlă conținînd pilitură metalică, constatînd că, și într-un caz și în celălalt, aparatul era sensibil la o descărcare produsă la o oarecare distanță. Folosind microfonul, el a putut atinge astfel o bătaie de peste 500 m. Hughes s-a gîndit că era vorba de propagarea unor unde, dar n-a fost în stare să facă dovada. Unii membrii eminenți ai Royal Society, cărora aceste experiențe le-au fost prezentate, au fost de părere că ele nu indicau decît efecte obișnuite de inducție. Descurajat, Hughes și-a părăsit cercetările, pe care nu le-a publicat decît în 1899.

În noiembrie 1890, E. Branly a descris, într-o notă publicată în „Comptes rendus" ale Academiei de Științe *(Variația conductibilității sub diferite influențe electrice)*, mai multe măsurări ale rezistenței unui tub umplut cu pilitură metalică fină, în care erau introduși doi electrozi. Atunci cînd, în apropierea tubului se producea o scînteie provenită fie de la o mașină statică, fie de la o bobină de inducție, conductibilitatea creștea într-un raport care putea să capete valori de ordinul lui 10^3.

„Acțiunea scade atunci cînd crește distanța, dar continuă să fie ușor de observat... la cîțiva metri. Folosind puntea Wheatstone, am putut constata că această acțiune se extinde la mai mult de 20 m, atunci cînd aparatul de scîntei funcționează într-o sală separată de galvanometru prin trei încăperi mari... Variația rezistenței este suprimată complet atunci cînd în placa care susține tubul se dau cîteva lovituri ușoare".

Descrierea faptelor este perfect obiectivă. Cu toate că condițiile erau foarte diferite, „bătaia" era de același ordin ca și în anumite experiențe ale lui Hertz care a observat și el transparența, pentru aceste unde, a pereților izolanți, din lemn de exemplu. Branly nu a făcut însă *nici o legătură între cele două fenomene*. Nici în acest text, nici într-o a doua notă din ianuarie 1891, con-

sacrată unor variante ale tubului cu pilitură, nici într-un articol publicat în 1892, în „Journal de Physique", sub titlul *Conductibilitatea corpurilor izolante*, nu se găseşte vreo aluzie la unde electrice care s-ar propaga în spaţiu. După cîte ştiu eu cel puţin, Branly menţionează pentru prima dată, de-abia în 1895, experienţele lui Hertz şi ale urmaşilor acestuia într-o notă din „Journal de Physique", intitulată *Folosirea tuburilor cu pilitură în studiul interferenţelor electrice*.

Iată începutul ei: „În ultimul timp, pentru a repeta experienţele lui Hertz, mai mulţi autori au recurs la tuburile cu pilitură, ale căror variaţii de rezistenţă la curenţii de potenţial înalt le-am făcut cunoscute în 1890 şi 1891".

Urmează cîteva precizări asupra modului în care aceste tuburi pot fi folosite (fără nici o revendicare de prioritate în privinţa utilizării lor la studiul undelor hertziene) şi, în fine, critica anumitor idei ale lui Lodge asupra fenomenelor al căror sediu era tubul.

De-abia în 1892, cu ocazia prezentării experienţelor lui Branly la Edinburgh, G. Forbes a emis ideea că tubul cu pilitură ar putea fi folosit ca detector al undelor hertziene. Diferiţi fizicieni s-au pus atunci la treabă în Anglia. Începînd din 1893, la Physical Society din Londra s-au făcut în această privinţă comunicări, mai ales de către Oliver Lodge. În anul următor, acesta din urmă perfecţionase aparatul, dîndu-i numele de „coheror", îl introdusese într-un circuit cuprinzînd o sonerie sau un aparat Morse, destinate să înregistreze semnalele, şi îl prevăzuse cu un „decoheror" oscilant, după procedeul indicat de Branly. De acum înainte, acest receptor era gata să intre în practica industrială, care l-a folosit aproape exclusiv, sub diferite forme, pînă în primii ani ai secolului al XX-lea.

În America, inginerul Nikola Tesla, originar din Dalmaţia, s-a gîndit şi el foarte curînd să folosească undele electrice la transmiterea semnalelor şi chiar a energiei mecanice. Între 1890 şi 1893, a făcut experienţe şi a ţinut conferinţe captivante. Din aparatele lui nu ne-a rămas însă decît „bobina lui Tesla" care este un transformator de înaltă frecvenţă. El s-a mai gîndit şi la un detector magnetic. Acest aparat nu a fost realizat însă decît în 1897, de Ernest Rutherford, acesta fiind prima lui lucrare experimentală.

Trebuie să mai adăugăm că, în 1890, H. Rubens şi Ritter au construit, pentru cercetări pur ştiinţifice, un receptor „bolometric" foarte sensibil, în care intensitatea undelor era măsurată prin încălzirea pe care o produceau într-un conductor extrem de subţire.

Istoria în continuare a telegrafiei fără fir este mai confuză. În 1894, savantul rus Popov se ocupa cu descărcările atmosferice pe care le presupunea — ca şi alţii dinaintea lui — că au un caracter oscilant. Pentru a verifica această ipoteză, i-a venit ideea să le studieze la distanţă, cu ajutorul unui detector de tip Branly-Lodge, şi, pentru a mări sensibilitatea detectorului, l-a legat la o lungă tijă metalică verticală, adică la o antenă. Se poate afirma deci că Popov a fost primul care s-a servit de o *antenă receptoare*. Mai tîrziu, probabil începînd din 1896, el a început să facă încercări de transmitere la distanţă, de la 1 la 5 km.

Cam prin aceeaşi vreme, Marconi făcea în secret încercări similare, ale căror prime rezultate le-a publicat în 1896 şi pe care le-a continuat cu dîrzenie ani îndelungaţi cu scopul de a ajunge la realizări industriale. Se pare că el a fost primul care a folosit *antene emiţătoare* de mare putere. El a reuşit astfel să mărească puterea, lungimea de undă (de ordinul kilometrilor) şi, prin urmare, bătaia posturilor, care a atins 10 km în 1896, 70 km în 1897 şi, în 1901, distanţa dintre Europa şi America.

L. IONII ÎN ELECTROLIŢI ŞI ÎN GAZE. EVOLUŢIA IDEILOR DESPRE STRUCTURA ELECTRICITĂŢII

Dacă Faraday s-ar fi încrezut mai mult în „frazeologia atomică", ar fi descoperit, încă din 1833, sarcina electrică elementară. Faptele pe care le observase şi legile pe care le găsise urmau să conducă în mod necesar pe urmaşii săi la acest rezultat. Însă problema nu era coaptă încă.

INTERPRETAREA FENOMENELOR ELECTROLITICE. El îşi închipuise, dimpotrivă, că disocierea moleculelor în ioni nu se putea produce decît după o prealabilă polarizare prin cîmpul electric. Ipoteza aceasta nu putea fi însă menţinută. Tocmai faptul acesta l-a remarcat Clausius în 1857: valabilitatea legii lui Ohm în electroliţi ne obligă să admitem prezenţa în electroliţi — înainte de aplicarea oricărui cîmp — a unor *ioni liberi*, într-o concentraţie de altminteri nedeterminată. Cîmpul electric nu face decît să ofere forţa care, învingînd frecarea lichidului, face să alunece prin acesta — în sens invers, spre electrozi — ionii de ambele semne.

Legile acestei mişcări au fost precizate, în 1863, de Hittorf care, analizînd sistematic dozajele chimice folosite de Faraday în „compartimentele anodic şi catodic", a arătat că ionii de ambele semne nu circulă în general cu aceeaşi viteză.

Din variaţiile de concentraţie care au reeşit din aceste analize, el a dedus, pe baza unor raţionamente simple, *numerele de transport* ale celor doi ioni, adică, cu alte cuvinte, raportul u_+/u_- al mobilităţilor lor, sau vitezele într-un cîmp unitate. Acest raport, obţinut pe cale experimentală, poate să difere mult de unitate, ceea ce reprezintă o obiecţie gravă contra teoriei lui Weber.

Problema a rămas în punctul acesta pînă în 1874, cînd E.W. Kohlrausch a început să facă măsurări sistematice ale conductivităţii electroliţilor în funcţie de concentraţia lor. Operaţia era făcută cu „puntea lui Kohlrausch", instrument care a rămas de atunci în folosire curentă.

El a introdus noţiunea de *conductivitate molară* (raportul $\lambda = \sigma/c$ dintre conductivitatea σ şi concentraţia moleculară c exprimată prin numărul de moli/litru), arătînd că λ tinde către o limită determinată atunci cînd diluţia devine infinită şi disocierea completă. Valoarea acestei limite dă suma $(u_+ + u_-)$ a celor două mobilităţi.

Din rezultatele acestea, publicate între 1876 şi 1879, precum şi din acelea ale lui Hittorf se deduc valorile reale ale mobilităţilor, care sînt date „moleculare" importante. Observarea directă a migraţiei ionilor coloraţi, în timpul electrolizei, verifică perfect numerele astfel calculate, care sînt de ordinul a cîtorva sutimi de milimetru pe secundă într-un cîmp de 1 $V \cdot cm^{-1}$.

INTRODUCEREA ATOMISMULUI ÎN ELECTRICITATE. Din ansamblul de fapte astfel dezvăluite de experienţă trebuia să se degajeze în mod necesar ideea că, cel puţin în electroliză, sarcinile electrice sînt particule materiale reale. Această idee a fost susţinută, în 1874, la British Association şi apoi publicată, în 1881, de G. Johnstone Stoney. El a afirmat existenţa unei *unităţi naturale* de sarcină electrică, purtată de un ion monovalent, şi a calculat această sarcină elementară, folosindu-se de datele puţin precise care existau pe atunci în legătură cu numărul lui Avogadro, găsind o valoare de aproape 20 de ori mai mică decît cea adevărată. În 1891, Stoney a dat acestei sarcini elementare numele de *electron*.

Într-o conferinţă celebră, ţinută în 1881, în faţa Societăţii de chimie din Londra, Helmholtz a dovedit cu tărie fizicienilor şi chimiştilor faptul că electricităţii trebuia să i se atribuie, ca şi materiei, o structură atomică. Conferinţa se intitula *Asupra dezvoltării moderne a concepţiilor lui Faraday despre electricitate* şi arăta cele două căi pe care marele experimentator englez le deschisese în electricitate: teoria cîmpurilor, precizată de Maxwell, şi teoria atomică a fluidelor electrice, care era încă la începuturile ei.

„Dacă admitem, spunea Helmholtz, ipoteza că substanţele elementare sînt compuse din atomi, nu ne putem sustrage de la concluzia că electricitatea, atît pozitivă cît şi negativă, este divizată în particule elementare delimitate, care se comportă ca nişte atomi de electricitate".

DEZVOLTĂRI ULTERIOARE ALE TEORIEI ELECTROLIŢILOR. Aceste idei urmau să se impună şi să se precizeze datorită cercetărilor asupra conducţiei electricităţii prin gaze, a cărei istorie o vom rezuma după ce vom urmări — pînă la sfîrşitul secolului al XIX-lea — dezvoltarea teoriei electroliţilor.

O importantă descoperire experimentală a fost făcută, în 1882—1883, de Raoult. Fizicianul acesta a arătat că scăderea punctului de solidificare al unui lichid care conţine un corp dizolvat, este proporţională cu numărul moleculelor (sau al molilor) acestuia din urmă pe unitatea de volum. Această descoperire a reprezentat un nou mod de determinare a maselor moleculare. El a mai constatat, de asemenea, că electroliţii tari, ca de exemplu sărurile dizolvate în apă, produc o scădere exagerat de mare a punctului de solidificare, ca şi cînd s-ar disocia. Raoult a găsit chiar o relaţie strînsă între această anomalie şi numărul şi valenţa ionilor produşi de o moleculă de electrolit. Mai tîrziu, el a extins aceste legi şi la alte fenomene, adică la tensiunea de vapori şi la fierbere[17].

[17] A se vedea în legătură cu această chestiune studiul lui G. Allard (pp. 295—296).

În 1884, Van't Hoff, în ale sale *Studii de dinamică chimică*, stabileşte o legătură între legea lui Raoult şi existenţa în soluţii a unei *presiuni osmotice* care, atunci cînd diluţia este avansată, urmează legile gazelor: Boyle-Mariotte, Gay-Lussac şi Avogadro.

În fine, în 1887, Svante Arrhenius a creat teoria *disociaţiei electrolitice*, precizînd vederile lui Kohlrausch şi deducînd, din măsurarea punctelor de fuziune şi din conductivitate, gradul de disociaţie al moleculelor dizolvate (disociaţie destul de avansată în cazul electroliţilor tari).

Teoria lui Arrhenius a suscitat numeroase obiecţii din partea chimiştilor şi chiar a fizicienilor. Era greu de înţeles cum puteau subzista în soluţie ioni liberi de ambele semne, care aveau atîta afinitate unul pentru altul şi cărora trebuia să li se atribuie totuşi proprietăţi atît de diferite de acelea ale atomilor corespunzători în stare gazoasă.

Şi totuşi, această teorie s-a impus încetul cu încetul datorită lucrărilor lui Wilhelm Ostwald şi ale lui Walther Nernst. Dezvoltarea chimiei fizice moderne a reţinut esenţialul ideilor lui Arrhenius, corectînd însă, pe baza interacţiunilor coulombiene dintre ioni, evaluările făcute de el asupra gradelor de disociaţie.

Nu vom reţine aici decît un raţionament important al lui Nernst (1889), aplicat mai tîrziu la ionii gazelor. Lui Nernst i-a venit ideea să compare mişcarea ionilor sub acţiunea forţelor de origine osmotică (adică difuzia lor într-o soluţie în care există un gradient de concentraţie) cu mişcarea pe care le-o imprimă un cîmp electric exterior.

Nu i-a fost greu să arate că raportul dintre mobilitatea u şi coeficientul de difuzie D satisfăcea relaţia

$$u/D = Q/RT,$$

unde Q este sarcina purtată de un ion-gram (în cazul electroliţilor $Q = zF$, F fiind unitatea de cantitate de electricitate numită faraday, iar z valenţa ionului), R constanta gazelor, iar T temperatura absolută.

PILELE REVERSIBILE. FENOMENELE ELECTROCAPILARE. Progresele cunoştinţelor asupra electroliţilor au condus la o evoluţie paralelă a ideilor în legătură cu tensiunile electromotoare.

Josiah Willard Gibbs (1839—1903), în cea de a treia parte (apărută în 1878) a memoriului său fundamental *The Equilibrium of Heterogeneous Systems* şi apoi, independent de el, Helmholtz, în 1882, au demonstrat, din punct de vedere general, că tensiunea electromotoare a unei pile reversibile măsoară *energia liberă* a reacţiei (al cărei sediu este) şi nu energia ei, aşa cum credeau James Thomson şi Berthelot. Diferenţa dintre energia liberă şi energie este legată de variaţia tensiunii electromotoare cu temperatura prin ecuaţia termodinamică a lui Gibbs-Helmholtz, verificată prin experienţă (1886).

În ceea ce priveşte mecanismul precis al fenomenelor care pun în mişcare electricitatea, şi, îndeosebi, rolul contactelor dintre mediile diferite, ele au făcut obiectul a numeroase cercetări şi al unor discuţii aprinse.

Helmholtz propusese încă din 1853, în teoria sa a *stratelor duble* electrice (similare foiţelor magnetice), o imagine care urma să facă mai bine înţelese efectele de contact: de o parte şi de alta a unei suprafeţe care separă două corpuri diferite se acumulează sarcini de ambele semne, aşa cum s-ar acumula pe armăturile unui condensator a cărui grosime ar fi de ordinul distanţelor moleculare. De acest strat dublu este legată în mod necesar o diferenţă de potenţial de contact. Helmholtz a dezvoltat această teorie, extinzîndu-i aplicaţiile în articolul *Studien über elektrische Grenzschichten*, apărut în 1879.

Cu cîţiva ani mai înainte, în 1873, Gabriel Lippmann făcuse un studiu foarte remarcabil şi complet al fenomenelor electrocapilare, adică al variaţiilor pe care le suferă tensiunea superficială a unui catod de mercur cufundat într-o soluţie diluată de acid sulfuric, atunci cînd starea lui de polarizare este modificată de o tensiune electromotoare exterioară. Aceste efecte reversibile, întrevăzute de Varley în 1870, au devenit unul din mijloacele cele mai puternice de investigaţie a structurii stratelor duble metal-electrolit, care sînt sursa principală a energiei furnizate de pile. Din lucrările lui Lippmann vor rezulta nu numai electrometrul său capilar (instrument util şi astăzi), ci şi metode fizico-chimice importante: aceea a electrodului cu picături, a polarografiei etc. Multă vreme s-a crezut chiar că fenomenele electrocapilare ar putea să dea posibilitatea rezolvării unei probleme care fusese pusă încă de pe timpul cercetărilor lui Volta: măsurarea diferenţei de potenţial de contact dintre corpuri diferite. În 1878, Gibbs a dovedit însă că o asemenea măsurare era aproape imposibilă şi chiar lipsită de sens.

Helmholtz a schiţat, în 1877, o teorie termodinamică a „pilelor de concentraţie" în care nu intervin contacte metal-electrolit, ci numai diferenţe de concentraţie între două soluţii ale unui aceluiaşi electrolit. Această teorie incompletă a fost pusă la punct, în 1899, de Nernst care a putut să măsoare, datorită noilor concepţii ale lui Van't Hoff şi Arrhenius, lucrul mecanic de „detentă osmotică" pe care îl execută electrolitul atunci cînd trece dintr-o soluţie în alta. Extinzînd domeniul de aplicare al acestor idei, Nernst a propus chiar o teorie generală, ceva cam formală, a pilelor reversibile, bazată pe imagini osmotice, în special pe imaginea unei „presiuni de dizolvare" (a unui metal într-un lichid, de exemplu), presiune asemănătoare cu tensiunea de vapori.

DESCĂRCĂRILE ELECTRICE ÎN GAZELE RAREFIATE ŞI RADIAŢIILE CATODICE. În timp ce evoluţia ideilor noastre asupra electroliţilor poate fi considerată ca o dezvoltare firească a observaţiilor fundamentale ale lui Faraday, progresul cunoştinţelor în legătură cu conductibilitatea electricităţii de către gaze reprezintă începutul lent al unei revoluţii.

Şi totuşi, cercetările asupra acestor fenomene datau de foarte multă vreme. Ele se mărginiseră însă la observaţii izolate. Vom reaminti cercetările lui Gilbert, Dufay şi Franklin, ale abatelui Nollet şi, în special, cele ale lui Hawksbee şi Watson asupra descărcărilor în aerul rarefiat.

Faraday însuşi a consacrat două serii din *Experimental Researches* descărcărilor electrice în „vid" (1838). El a observat diverse aspecte: luminescenţa ne-

gativă, spațiul obscur al lui Faraday și coloana pozitivă. Vidul de slabă calitate pe care îl realizau pompele sale nu i-au dat posibilitatea să meargă însă mai departe. Dar a prevăzut că:

„Rezultatele privind diferitele condiții ale descărcării pozitive și negative vor avea asupra filozofiei științei electrice o influență mai mare decît ne putem închipui în prezent".

Era în anul 1858 cînd J. Plücker, din Bonn, a descoperit „frumoasa lumină verde și enigmatică" produsă de descărcările într-un vid destul de înaintat. Era vorba despre ceea ce urma să se numească mai tîrziu *radiațiile catodice*. El a observat că această lumină se deplasa sub acțiunea unui magnet.

În anul 1869, elevul său, Hittorf, care studiase cu zece ani mai înainte migrația ionilor în lichide, a reluat și a completat aceste experiențe.

El a obținut, în condiții mulțumitoare, „un fascicul de raze sensibil paralele... care produce, atunci cînd întîlnește sticla, o fluorescență verde puternică...". Obstacolele așezate în calea lui aruncă umbre foarte nete. Fiecare rază „se comportă (într-un cîmp magnetic) ca un curent liniar infinit de subțire, rectiliniu, fără pondere, fixat la extremitatea lui de lîngă catod".

Cîțiva ani mai tîrziu, în 1876, Eugen Goldstein a dovedit că emisia acestor radiații de către catod nu se făcea în mod difuz— așa, cum se întîmplă cu lumina — ci aproape numai în direcție normală. Vom mai adăuga că, folosind un catod prevăzut cu găuri, el a descoperit, în 1886, *radiațiile pozitive*, numite multă vreme „radiații canal" sau radiațiile lui Goldstein, al căror studiu a căpătat o importanță din ce în ce mai mare începînd cu primii ani ai secolului nostru și pînă la construirea spectrografelor de masă.

În 1871, C. Varley a arătat că toate proprietățile radiațiilor catodice pot fi explicate dacă se admite că sînt formate din particule materiale purtînd sarcini negative, proiectate în linie dreaptă de cîmpul electric care domină în apropierea catodului.

Experiențe deosebit de explicite și de interesante au fost făcute în 1879 de William Crookes, care a dat tuburilor cu vid, denumite și acum cu numele lui, o formă pe care și-au păstrat-o multă vreme. Dezvoltînd ideile lui Varley, el a afirmat că radiațiile catodice sînt „materie radiantă" într-o a patra stare: ultragazoasă. Crookes nu se gîndea însă decît la atomii obișnuiți, încărcați negativ.

Precizînd această teorie, E. Riecke a calculat traiectoriile pe care le au într-un cîmp magnetic particulele purtînd o sarcină electrică și avînd o masă determinată și a demonstrat că aceste traiectorii trebuiau să fie niște cercuri sau spirale cu axele paralele cu cîmpul (1881). În același an, J.J. Thomson a făcut studii similare, asupra cărora vom reveni.

Cu toate acestea, problema naturii radiațiilor catodice era departe de a fi dezlegată. Fizicienii școlii germane nu admiteau în general teoria corpusculară. Pentru a rezolva problema, Hertz a făcut, în 1883, o importantă serie de experiențe publicate în lucrarea *Versuche über die Glimmentladung*. Folosind o baterie de 1 000 de mici acumulatori cu plumb, pe care o construise el însuși „ca un lucrător de fabrică repetînd de mii de ori același gest", el a demonstrat mai întîi că descărcarea în vid este un fenomen continuu. A crezut apoi în

ideea că „radiaţiile catodice nu sînt decît un fenomen secundar care însoţeşte descărcarea" şi, încercînd să vadă dacă au „proprietăţi electrostatice", le-a captat într-o colivie Faraday *exterioară tubului de descărcare*, fără să poată constata vreo sarcină care putea fi măsurată. În sfîrşit, a încercat în zadar să le devieze cu ajutorul unui cîmp electric interior.

Jean Perrin şi J.J. Thomson vor explica curînd motivele acestei duble nereuşite: sarcini compensatoare acumulate pe pereţii de sticlă, vid insuficient şi ionizarea gazului între electrozii interni care produceau cîmpul. Totuşi, aceste experienţe l-au condus pe Hertz la concluzia că:

„aceste radiaţii catodice sînt indiferente din punct de vedere electric. Dintre fenomenele cunoscute, cel mai apropiat de ele este cel al luminii. Rotaţia magnetică a planului de polarizare a luminii este similară cu devierea radiaţiilor catodice de către un magnet".

Teoria aceasta, care a aparţinut şi lui Goldstein, a părut confirmată de o descoperire făcută de Hertz în 1892: transparenţa foilor metalice subţiri la radiaţiile catodice. Erau greu de înţeles pe vremea aceea că nişte particule destul de rapide pot traversa materia solidă. În 1894, Ph. Lenard, elev al lui Hertz, a făcut ca radiaţiile catodice să treacă din vid în aer printr-o fereastră metalică foarte subţire.

Cu toate acestea, faptele se acumulau. În 1882, experienţele asupra conductivităţii gazelor produse de flăcări îl conduseseră pe W. Giese să extindă de la electroliţi la gaze ipoteza ionizării. Puţin după aceea, cu ocazia cercetărilor făcute la Manchester, începînd din 1884 şi pînă în 1890, care se refereau atît la aerul aflat la presiune atmosferică cît şi la tuburile lui Crookes, Arthur Schuster a precizat ipotezele lui Varley şi ale lui Giese, transformîndu-le într-un ansamblu coerent.

„Ştiu, scria el, că vorbind de electricitatea pozitivă şi de electricitatea negativă ca de nişte substanţe avînd o existenţă separată, m-am angajat pe o cale care duce contra a ceea ce numim „vederile moderne asupra electricităţii", adică contra vederilor lui Hertz şi ale discipolilor săi, care aveau tendinţa să considere sarcinile şi curenţii electrici drept nişte noţiuni „secundare".

M. ÎNCEPUTURILE TEORIEI ELECTRONILOR

J.J. THOMSON ŞI ÎNCEPUTURILE DINAMICII ELECTRONICE. Încă de la începutul carierei sale, în 1881, J.J. Thomson (1856—1940), impresionat de experienţele lui Goldstein şi ale lui Crookes, a fost de acord cu ideea că în tuburile Crookes „faptul esenţial îl constituie particulele de materie posedînd o sarcină electrică considerabilă şi mişcîndu-se cu viteze foarte mari". Cu 15 ani mai tîrziu, el urma să facă, în legătură cu acest fenomen, experienţe hotărîtoare.

La început, el s-a mulţumit „să elaboreze o teorie a acţiunii electrice a acestor particule", să le calculeze cîmpurile şi „forţa magnetică pe care o suportă... luînd drept bază teoria lui Maxwell, conform căreia variaţiile deplasării electrice într-un dielectric produc efecte similare celor ale curenţilor obişnuiţi".

În esenţă, era vorba de o problemă de „curent deschis".

Este adevărat că s-ar fi putut extinde imediat la acest caz legea (1) a lui Biot şi Savart, precum şi reciproca ei (2). De fapt, se vede cu uşurinţă că, după însăşi definiţia intensităţii i a unui curent, o sarcină e animată de o viteză v constituie un element de curent de convecţie $i\delta s = ev$.

În notaţie vectorială, formula ia atunci forma:

$$\vec{H} = e\,(\vec{v} \times \vec{r})/r^3 = \vec{v} \times \vec{D}, \tag{11}$$

în care $\vec{D}$ este deplasarea electrică produsă, conform legii lui Coulomb, la distanţa r de către sarcina e, iar x este semnul produsului vectorial.

În ceea ce priveşte ecuaţia (2), ea se scrie (dacă cîmpului magnetic $\vec{H}$ sau, mai degrabă, inducţiei corespunzătoare $\vec{B}$ i se suprapune un cîmp electric $\vec{E}$):

$$\vec{F} = e\,(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \tag{12}$$

Aceste două formule sînt corecte, dacă facem excepţie de cel de al doilea membru (intermediar) al lui (11), care nu este decît o aproximaţie valabilă numai în cazul cînd viteza v este mică în raport cu viteza luminii c. Trebuie ţinut seama că legea lui Biot şi Savart, şi inversa ei, n-a fost demonstrată decît pentru elemente de curent *închise*.

Extrapolarea pe care am făcut-o este deci foarte hazardată, astfel că problema trebuia reluată din punct de vedere maxwellian.

Tocmai lucrul acesta a fost făcut de J.J. Thomson în prima lui încercare de *dinamică a electronului*. Calculul lui era afectat de o eroare care a fost corectată în acelaşi an de G.F. Fitzgerald. În 1888—1889, Heaviside, a reluat problema, în toată generalitatea ei, într-o lucrare remarcabilă în care a luat în considerare viteze putînd atinge valoarea vitezei luminii. El a demonstrat că la viteze foarte mari liniile de forţă electrice rămîn radiale, dar că tind să se concentreze — împreună cu liniile magnetice — în planul ecuatorial perpendicular pe direcţia vitezei.

Ecuaţiile (11) şi (12) i-au sugerat lui J.J. Thomson, prin însăşi forma lor, o teorie care avea drept scop să explice acţiunile electromagnetice prin „mişcarea tuburilor de forţă" şi pe care a dezvoltat-o îndeosebi în cartea sa *Recent Researches in Electricity and Magnetism* (1893).

Vom mai adăuga faptul că el a înţeles, încă din 1881, că o acceleraţie pozitivă sau negativă suferită de corpurile electrizate trebuie să modifice, în întreg spaţiul, potenţialul lor vectorial şi deci să genereze unde electromagnetice. El credea — dar fără să aibă dreptate — că putea explica astfel fluorescenţa verde a sticlei lovite de radiaţiile catodice. Ideea generală era însă corectă şi fecundă.

OPERA LUI LORENTZ ŞI TEORIA ELECTRONILOR. Concepţia lui Hendrik Anton Lorentz (1853—1928) era mai generală decît aceea a fizicienilor din şcoala

britanică. Încă de la prima lui lucrare — teza de doctorat *Asupra reflexiei şi refracţiei luminii* (1875) — el pune în discuţie diferitele teorii ale opticii:

„Studiul reflexiei şi refracţiei ne conduce la concluzia generală că teoria lui Maxwell trebuie preferată vechii teorii ondulatorii".

Însă el îşi dădea seama de dificultăţile care mai dăinuiau şi de aceea stabileşte un adevărat program de cercetări pentru viitor:

Va trebui să meditäm asupra fenomenului dispersiei cromatice, al rotaţiei planului de polarizare şi asupra legăturii dintre aceste efecte şi structura moleculară; apoi asupra forţelor mecanice care joacă — poate — un anumit rol în fenomenele luminoase... Să ne mai gîndim la influenţa exercitată asupra luminii de forţele exterioare şi de mişcarea mediului;... să reflectăm, în fine, la fenomenele de emisie, de absorbţie şi la căldura radiantă...

Dacă este adevărat că lumina şi căldura radiantă constau din vibraţii electrice, atunci va fi natural să admitem că moleculele corpurilor, care dau naştere unor asemenea vibraţii în mediul înconjurător, sînt şi ele sediul oscilaţiilor electrice... Această concepţie, care nu este nouă, dar care conferă teoriei electromagnetice un grad înalt de probabilitate, mi se pare foarte fecundă...

Departe de a fi căpătat forma ei definitivă, teoria lui Maxwell mai are încă nevoie de lămurirea unor numeroase puncte obscure, cărora nu li se poate da la ora actuală decît o explicaţie cu totul imperfectă".

Memoriul din 1878, *Über die Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes und der Körperdichte*, conţine faimoasa relaţie Lorentz-Lorenz, care defineşte un „invariant molecular de refracţie" independent de densitatea şi de starea fizică a corpului considerat. În legătură cu această teoremă Lorentz dezvoltă, pentru prima dată, teoria electromagnetică a dispersiei.

Se ajunge la ea dacă se adoptă ipoteza că imediat ce un moment electric este excitat într-o moleculă, este pusă concomitent în mişcare o anumită masă, ceea ce vrea să însemne că sarcinile electrice sînt legate de particule de masă determinată. Acesta este embrionul teoriei electronilor, la care conduce în mod necesar „traducerea în limbaj electro-magnetic a explicaţiei propuse de Sellmeier, Boussinesq şi Helmholtz".

În lucrarea sa *Despre influenţa mişcării Pămîntului asupra fenomenelor luminoase*, Lorentz consacră, în 1887, un studiu special aberaţiei luminii şi discută ipoteza lui Fresnel despre un eter parţial imobil[18].

Teoria lui Lorentz capătă forma ei definitivă în cele două memorii fundamentale: *Die Maxwell'sche Theorie und ihre Anwendung an bewegten Körpern*

[18] Fresnel presupunea că, în materie, o fracţiune de eter are aceeaşi densitate ca şi în vid şi că rămîne imobilă. Surplusul de eter — în exces în raport cu vidul — este legat de molecule şi antrenat de corpurile în mişcare. Această ipoteză a fost desigur admisă de Fresnel, fiindcă „aderă" la fapte. Ea corespunde aproape exact — sub o formă „mecanică" destul de discutabilă — teoriei electromagnetice, mult mai raţională, pe care Lorentz a elaborat-o mai tîrziu.

(1892) şi *Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern (1895).*

Ea „se bazează pe ideea unei materii ponderabile, perfect permeabilă la eter, şi putînd să se deplaseze fără să comunice acestuia din urmă cea mai mică mişcare... Particulele încărcate sînt considerate ca fiind materie ponderabilă, la care se pot aplica forţe".

Cu alte cuvinte, Lorentz admite două ipoteze de bază:

1. Eterul este totdeauna şi pretutindeni imobil. El nu este însă un fluid (sau un solid) înzestrat cu calităţi materiale (densitate, elasticitate). Este spaţiul vid ale cărui proprietăţi pur electromagnetice sînt descrise de ecuaţiile lui Maxwell, admise ca axiome.

2. Electricitatea este constituită din particule materiale avînd o sarcină şi o masă definită, adică din *electroni* (sau ioni). Curenţii electrici de conducţie — care nu aveau la Hertz decît o semnificaţie destul de abstractă — sînt întotdeauna *curenţi de convecţie*.

Trebuie să notăm însă că în primele memorii ale lui Lorentz nici sarcina, nici masa electronilor nu erau determinate. Singurele aspecte care interesau erau structura atomică şi realitatea materială a electricităţii.

O dată aceste ipoteze admise, Lorentz le dezvoltă logic consecinţele. Cu scopul de a micşora numărul axiomelor independente, Lorentz introduce în lucrarea sa din 1892, după exemplul lui Maxwell, principiile mecanicii (principiul lui D'Alembert). În lucrarea din 1895, el adoptă metoda pur axiomatică a lui Hertz, adăugînd la ecuaţiile fundamentale ale acestuia ecuaţia (12), care dă valoarea a ceea ce numim astăzi *forţa Lorentz*.

SUCCESUL TEORIEI LUI LORENTZ. LIMITELE EI DE VALABILITATE. „Teoria electronilor", astfel stabilită, explica aproape toate fenomenele electrice, magnetice şi optice cunoscute pe vremea aceea. Ea a fost dezvoltată, în toate amănuntele, în anii care au urmat (1895—1905) (conductivitatea metalelor, magnetismul) şi a rămas un monument ştiinţific clasic, bază a tuturor teoriilor noastre moderne — relativitatea şi cuantele — care mai degrabă o completează decît o corectează. Firește că ea implică şi o teorie a dispersiei cromatice a luminii, care se afla chiar la originea cercetărilor lui Lorentz. Dar ceea ce a reprezentat poate succesul ei cel mai strălucit a fost explicaţia pe care a dat-o *antrenării parţiale* a undelor luminoase de către materie.

Explicaţia aceasta se prezintă sub două forme. Prima este dată printr-o analiză amănunţită a fenomenelor.

Iată cum ar putea fi rezumată într-un mod foarte schematic. Pentru H.A. Lorentz, curenţii de deplasare în dielectrici (corpuri transparente) sînt suma a doi curenţi parţiali: curenţii de convecţie, legaţi de schimbările de loc ale electronilor în moleculele a căror stare de polarizare variază, plus curentul de deplasare propriu-zis în „eterul" care scaldă moleculele. Polarizarea dielectricilor este legată de materie, la a cărei mişcare participă, lăsînd pe loc eterul şi cîmpurile al căror sediu este acesta. Fracţiunea

de unde luminoase (sau de inducţie electrică) antrenată de corpurile în mişcare corespunde exact polarizării moleculelor lor.

Un calcul precis dă un „coeficient de antrenare" egal cu $(1 - 1/\varepsilon)$, sau cu $(1 - 1/n^2)$ conform ecuaţiei (10) a lui Maxwell, adică egal cu valoarea admisă de Fresnel.

În felul acesta, experienţele lui Fizeau şi Eichenwald, experienţele mai vechi ale lui Arago, precum şi celelalte experienţe, mai precise, făcute în 1872 de Mascart, şi-au aflat explicaţia.

Cu toate că cea de a doua metodă a lui Lorentz conţine mai puţine imagini, ea este totuşi mai simplă, mai profundă şi mai bogată în consecinţe. Ea se bazează pe o transformare de coordonate.

Se consideră două sisteme de referinţă din care unul este imobil şi legat de eter (spaţiu *absolut* şi timp *absolut*). Celălalt sistem este legat de materia presupusă animată de o viteză de ansamblu uniformă v. Coordonatele spaţiului se deduc din coordonatele sistemului fix prin formulele obişnuite ale mecanicii clasice, în care timpul absolut este înlocuit însă printr-un *timp local* care depinde de coordonatele spaţiului şi de viteza v. Acest timp local este timpul pe care l-ar măsura nişte observatori plasaţi în diferite puncte ale sistemului mobil, observatori care şi-ar regla între ei orologiile prin schimburi de semnale luminoase, *admiţînd că ei sînt în repaus faţă de eter*. În ceea ce priveşte cîmpurile electrice şi magnetice măsurate în cele două sisteme de referinţă, ele diferă din cauza curenţilor electrici şi a efectelor de inducţie produse de mişcarea relativă.

Lorentz stabileşte pe această bază următoarea teoremă fundamentală:

Dacă se neglijează pătratul raportului v/c (c fiind viteza luminii, raportul v^2/c^2 este de ordinul sutimilor de milionime pentru mişcarea Pămîntului pe orbită), ecuaţiile care exprimă legile electromagmetismului sînt aceleaşi în cele două sisteme de referinţă.

Cu alte cuvinte, la acest ordin de aproximaţie fenomenele electrice şi luminoase, măsurate de observatorii în mişcare prin experienţe interioare sistemului lor de referinţă, sînt identice cu acelea care s-ar produce cînd observatorii ar fi în stare de repaus: nu se poate dovedi nici un „vînt de eter".

Din această teoremă generală de „invarianţă" pot fi deduse fără nici o greutate rezultatele lui Fresnel, Fizeau şi ale succesorilor acestora. Transformarea coordonatelor spaţiale şi temporală pe care o conţine această teoremă nu este încă „transformarea Lorentz", ci doar o primă schiţă a ei.

Un alt succes al teoriei lui Lorentz a fost generalizarea calculelor lui Hertz şi J.J. Thomson în legătură cu radiaţia electronilor supuşi la acceleraţii, calcule care au fost precizate şi mai mult, în 1897, de Joseph Larmor[19] şi care

[19] Contribuţia luil Larmor la teoria electronilor este departe de a fi neglijabilă. În 1894, adică pe vremea cînd se mai străduia încă să imagineze modele mecanice ale eterului şi ale acţiunilor electromagnetice, el a introdus în teoriile sale ipoteza unei structuri atomice a sarcinilor. Cartea lui, *Aether and Matter*, publicată în 1900, conţine multe dezvoltări interesante, în special teorema asupra *precesiei Larmor*, adică asupra echivalenţei care există pentru mişcarea electronilor între un cîmp magnetic şi o rotaţie de ansamblu a sistemului, cu o viteză unghiulară determinată.

se bazau în esență pe folosirea *potențialelor întîrziate*, de care se serviseră Riemann și Lorentz, precum și Henri Poincaré (în 1891).

Atunci cînd, în 1896, Zeeman a descoperit fenomenul care-i poartă numele — adică acțiunea, căutată în zadar de Faraday, a unui cîmp magnetic asupra frecvenței și polarizării liniilor spectrale emise de atomi — Lorentz a fost în stare să dea imediat o explicație precisă a fenomenului — cel puțin sub forma lui cea mai simplă (efectul normal) — și să tragă concluzia că masa electronilor luminoși din atomi trebuie să fie mai mică decît o miime din masa atomului de hidrogen.

Am ajuns acum la cele două limite de valabilitate ale teoriei lui Lorentz, așa cum era ea formulată la sfîrșitul secolului al XIX-lea:

1. Ecuațiile electromagnetismului nu sînt invariante în raport cu transformarea stabilită în 1895 de Lorentz, decît dacă se neglijează efectele de ordinul al doilea (în v^2/c^2). Or, chiar de pe atunci se știa că invarianța ar fi trebuit să fie mai riguroasă, fiindcă altfel ar fi fost posibil ca efectele de ordinul al doilea să fie puse în evidență prin celebra experiență a lui Michelson și Morley (1887); acestea nu au fost însă observate.

Calea spre formulele de transformare care satisfac invarianța riguroasă — adică spre principiul relativității — a fost deschisă în 1892 cînd Fitzgerald și, cîteva luni mai tîrziu, Lorentz au propus ipoteza că toate corpurile în mișcare suferă o ușoară contracție (contracția Lorentz) în direcția paralelă cu viteza deplasării lor prin eter, fără ca să li se modifice și celelalte dimensiuni. Se reușea să se explice astfel rezultatul negativ al experienței lui Michelson și Morley. Însă această ipoteză izolată, a deformării spațiului de către mișcare, fără o deformare echivalentă a timpului, părea pe vremea aceea o stratagemă prea arbitrară.

2. Cu toate eforturile autorului ei, teoria lui Lorentz n-a fost în stare să dea o explicație valabilă efectului Zeeman „anomal" care este cel mai frecvent. De asemenea, s-ar fi putut întrevedea încă de pe atunci că ea nu era capabilă să explice legile generale ale radiației: legile spectrelor luminoase ale atomilor și legile radiației „corpului negru". Această nereușită a stat la originea teoriei cuantelor, care aparține secolului al XX-lea.

■

Iată-ne ajunși la capătul acestui studiu, adică în apropierea anului 1895, cînd descoperirea radiațiilor X de către Röntgen putea fi considerată ca o discontinuitate în istoria fizicii. Noua perioadă, aceea a începutului secolului al XX-lea, începe deci în ultimii ani ai secolului al XIX-lea. În cei zece ani care au urmat experiențelor lui Röntgen, vor fi descoperite, printre altele, proprietățile exacte ale electronului, acelea ale ionilor gazoși, radioactivitatea și radiațiile ei, cuanta de acțiune și relativitatea restrînsă.

CAPITOLUL V

Studiul experimental al fenomenelor termice

Ca și celelalte ramuri ale fizicii, studiul fenomenelor termice prezintă două aspecte: unul teoretic și unul experimental. Cu toate că sînt strîns legate între ele datorită însuși faptului că se aplică unei aceleași realități, ne-am gîndit că ar fi posibil și, chiar de dorit, ca aceste două aspecte paralele, adesea complementare, să fie prezentate în două capitole consecutive.

Nu-i nici o îndoială că numeroasele puncte de contact care au apărut, în decursul secolului al XIX-lea, în domeniul căldurii și al termodinamicii, între munca concretă a experimentatorilor și străduințele teoreticienilor, vor face să intervină numeroase legături între aceste două capitole. În schimb, importante lucrări experimentale, cu aplicații practice considerabile, nu vor avea decît implicații teoretice relativ neînsemnate, iar anumite cercetări teoretice de prim plan nu vor avea decît puține consecințe experimentale imediate. Ceva mai mult, chiar dacă numeroși fizicieni vor lucra în același timp pe amîndouă planurile, experimental și teoretic, alții își vor limita eforturile fie la desăvîrșirea noilor teorii de fizică matematică, fie la elaborarea unor legi pur experimentale. Vom reaminti de altfel că avîntul spectaculos al mașinilor termice a stat la originea a numeroase lucrări și invenții, din care unele vor avea repercusiuni profunde asupra progresului experimental. Studiul fenomenelor termice, în ansamblul lui, a fost de altminteri favorizat în largă măsură și de faptul că în anumite țări cercurile industriale cele mai luminate au arătat un interes deosebit dezvoltării tehnicii motoarelor termice. Reacția guvernelor va fi în general mai înceată, astfel că de-abia în cea de a doua jumătate a secolului anumite laboratoare oficiale vor dispune de creditele absolut necesare pentru construcția aparaturii costisitoare și pentru realizarea unor serii lungi de experiențe.

Fără a se putea vorbi de adevărate școli, în mai multe țări a existat totuși, de-a lungul întregului secol, o importantă activitate experimentală în acest domeniu. Dintre experimentatorii francezi sînt demni de a fi citați Gay-Lussac, Arago, Dulong și Petit, Clapeyron, Cagniard de Latour, Pouillet, Despretz, Le Châtelier, Cailletet, Saint-Claire Deville, Amagat și Berthelot, dar opera cea mai fertilă și mai completă a fost aceea pe care a realizat-o H.-Victor Regnault (1810—1878) în decursul unei cariere fecunde, consacrată în esență unor lungi serii de măsurări, conduse cu o răbdare și rigurozitate exemplară.

Cei mai de vază experimentatori din Anglia au fost Faraday, Joule, J. şi W. Thomson, Rankine, Andrew şi Dewar, iar în Germania, Magnus, August, Clausius, Bunsen, Wiedemann şi Franz, Helmholtz, Nernst şi Wien, care au realizat lucrări experimentale importante, completate adesea de rodnice aporturi teoretice. Mai putem menţiona numele lui Colladon şi R. Pictet din Elveţia, al lui Olszewski şi Wroblewski din Polonia, al lui Natterer din Austria şi ale lui Van der Waals, Van't Hoff şi Kamerlingh Onnes din Olanda, insistînd în mod special asupra acestui din urmă savant, care a creat la Leyda un laborator criogenic deosebit de bine utilat, unde au fost realizate cele mai remarcabile progrese din domeniul fizicii temperaturilor foarte joase.

A. TERMOMETRIA

TERMOMETRELE CU LICHID. Modul de folosire a termometrului cu lichid era bine cunoscut la începutul secolului al XIX-lea, datorită în special remarcabilelor lucrări ale lui Réaumur şi Fahrenheit. Mai rămînea de rezolvat totuşi o problemă importantă, aceea a calibrării coloanei lichide, problemă a cărei însemnătate fusese întrevăzută de Réaumur şi Lambert. Această operaţie a fost făcută de Gay-Lussac, care a notat poziţiile succesive ocupate de o coloană de mercur, lungă de cîţiva centimetri, pe care o deplasa de-a lungul canalului. Procedee similare au fost folosite sau propuse de Rudberg, Hällström şi Bessel.

Pentru a mări precizia măsurărilor, Walferdin a construit în 1840 un termometru, numit metastatic, a cărui scară nu cuprindea decît trei sau patru grade, fiecare din ele corespunzînd unei lungimi de aproximativ 10 cm. Intervalul de citire putea fi modificat, făcînd să treacă o parte din mercur într-un rezervor auxiliar. Dificultăţile pe care le implica folosirea acestui instrument i-au întîrziat însă răspîndirea, pînă cînd Scheurer-Kestner a pus la punct o metodă de corecţie relativ comodă.

Termometrul cu gravitaţie, conceput de Dulong şi Petit, se compune dintr-un rezervor de sticlă terminat printr-un tub lung, subţire şi încovoiat. Umplut complet cu mercur la 0°, el lasă să se scurgă la t° o anumită cantitate de lichid, a cărei greutate depinde de temperatura obţinută.

Mai semnalăm, de asemenea, punerea la punct, de către Rutherford, în 1794, a termometrelor de maxim şi de minim, a termometrelor medicale etc.

TERMOMETRELE CU GAZ. Cele mai simple dintre aceste aparate sînt constituite dintr-un rezervor umplut cu gaz şi prelungit fie printr-un dispozitiv manometric, fie printr-un tub orizontal conţinînd un indicator care se deplasează după cum variază volumul gazului interior. Diferite tipuri de termometre cu aer au fost utilizate în secolul al XVII-lea de Van Helmont şi J.C. Sturm, iar în secolul al XVIII-lea de Amontons şi Hermann. Acestor termometre li s-au adus în secolul al XIX-lea perfecţionări importante, legate de cercetările asupra dilatării gazelor, în special de Gay-Lussac, Regnault şi Mendeleev. Termometrele cu gaz, numite normale, care funcţionează prin

variaţia presiunii la volum constant, şi-au primit consacrarea oficială atunci cînd Biroul internaţional de greutăţi şi măsuri a definit, cu ajutorul unui asemenea aparat, o scară tip de temperaturi (1887).

PIROMETRELE. Pentru a determina temperaturi foarte ridicate, Pouillet a folosit, în 1836, un termometru cu gaz, prevăzut cu un rezervor de platină. Saint-Claire Deville şi Troost, constatînd între 1857 şi 1859 că platina devine permeabilă la gaze la temperaturi ridicate, au înzestrat pirometrul cu gaz cu un rezervor din porţelan refractar.

La determinarea temperaturilor înalte au mai fost aplicate şi alte metode: metoda calorimetrică (Pouillet), metoda schimbării dimensiunilor (pirometrul lui Wedgwood, construit din cilindri de argilă uscată, 1782), procedeul bazat pe topirea şi pe fierberea anumitor materiale (Prinsep, 1828; Appold, 1855), pirometrul cu rezistenţă electrică (Siemens, Callendar, 1886—1891).

S-a reuşit, de asemenea, să se determine temperatura corpurilor incandescente prin observarea luminii emise de ele. Pouillet a etalonat astfel culorile succesive pe care le capătă platina adusă la incandescenţă. Măsurînd intensitatea luminii emise de un corp încălzit şi trecută printr-o sticlă colorată, E. Becquerel a arătat, în 1863, că, la aceleaşi temperaturi, toate corpurile opace emit aceeaşi lumină. Descoperirea, la sfîrşitul secolului al XIX-lea, a legilor radiaţiei, a dat posibilitatea construirii unor pirometre optice mult mai precise.

CUPLURILE TERMOELECTRICE. Efectul termoelectric a fost aplicat, încă de la descoperirea lui de Seebeck (1821), la determinarea temperaturilor. Oersted, Pouillet, W. Thomson, Becquerel, Poggendorff etc. şi-au adus contribuţia la perfecţionarea termometrelor, la studiul lor teoretic şi la extinderea aplicaţiilor lor, iar Holborn şi Wien (1896) au arătat avantajele cuplului platină-platină aliată cu rhodiu, în special pentru măsurarea temperaturilor înalte.

B. STUDIUL DILATĂRII

DILATAREA SOLIDELOR. În secolul al XVIII-lea, Deluc (1772), Lavoisier şi Laplace făcuseră măsurări destul de precise asupra dilatării solidelor. Ultimii folosiseră o bară metalică care, dilatîndu-se, acţiona asupra înclinării unei lunete mobile în jurul unui ax.

În 1818, Dulong şi Petit au determinat coeficienţii de dilatare cubică ai diferitelor metale cu ajutorul termometrului cu gravitaţie, arătînd că ei variază liniar cu temperatura. Folosind măsurări mai precise. Matthiesen (1866) a pus aceşti coeficienţi sub forma unor funcţii de temperatură, de gradul doi.

Metoda interferenţială a lui Fizeau (1864), perfecţionată de Abbe (1884), foloseşte deplasarea franjelor care se formează la lumina monocromatică într-o lamă foarte subţire de aer limitată între un bloc de sticlă şi suprafaţa corpului studiat.

În 1827, Mitscherlich a arătat că cristalele anizotrope se dilată neregulat în direcţii diferite. Studiul dilatării substanţelor cristaline a fost reluat mai tîrziu de Fizeau.

DILATAREA LICHIDELOR. Dilatarea mercurului a făcut obiectul măsurătorilor lui Dulong şi Petit, care au folosit vase comunicante ale căror coloane erau aduse la temperaturi diferite. Alţi fizicieni, printre care şi Regnault, au reuşit să obţină rezultate mai precise folosind alte metode.

Studiul variaţiei densităţii apei în funcţie de temperatură prezintă un interes deosebit, atît din cauza rolului extrem de important pe care îl are apa în natură, cît şi din cauza existenţei unui maxim de densitate în apropiere de 4°C. Hällström, Despretz şi Scheel au reluat pe rînd determinarea temperaturii maximului de densitate, precizînd rezultatele obţinute anterior de Hope şi Rumford (a se vedea vol. II, p. 543). Un număr mare de experimentatori au studiat influenţa substanţelor dizolvate în apă asupra temperaturii maximului ei de densitate arătînd, îndeosebi, că această temperatură scade aproape proporţional cu cantitatea de substanţă dizolvată.

DILATAREA GAZELOR. LEGEA GAY-LUSSAC. Naşterea şi progresele rapide, în cea de a doua jumătate a secolului al XVIII-lea, a „chimiei pneumatice" (a se vedea vol. II, pp. 575—583), îi făcuse pe numeroşi fizicieni să se intereseze de proprietăţile fizice ale gazelor, în special de studiul variaţiei volumului lor la presiune constantă, în funcţie de temperatură. Astfel, Lambert, Priestley, Volta, Monge, Berthollet şi Vandermonde au studiat cantitativ dilatarea aerului şi a diferitelor gaze. Cea mai mare parte a măsurărilor lor erau afectate însă de erori importante, datorate diferitelor deficienţe ale tehnicii lor instrumentale, şi în primul rînd, unei uscări insuficiente a gazelor studiate. Folosind un dispozitiv experimental de o mai bună calitate, Louis-Joseph Gay-Lussac (1778—1850), pe atunci tînăr preparator la Şcoala politehnică, a stabilit, în 1802, că diferitele gaze pe care le studiase (aerul atmosferic, hidrogenul, oxigenul etc.) „se dilată în mod egal pentru aceleaşi grade de căldură". Operînd între 0 şi 100°C, el a fost condus să afirme că toate gazele au acelaşi coeficient de dilatare, un coeficient uniform şi independent de natura, de temperatura şi de presiunea gazelor, a cărui valoare a stabilit-o ca fiind 0,00375 (adică aproximativ 1/267), corectată mai tîrziu la aproximativ 1/273,2.

Această nouă lege — celebra „lege Gay-Lussac" — care fusese întrevăzută de mai mulţi fizicieni de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, ca de exemplu Lambert, Volta şi Charles, şi care fusese descoperită în acelaşi timp şi în mod independent de englezul John Dalton — a fost primită cu multă satisfacţie. Într-adevăr, asocierea ei cu legea Boyle-Mariotte (a se vedea vol. II, p. 280) dădea posibilitatea unei sistematizări simple şi armonioase a ansamblului proprietăţilor elastice ale tuturor gazelor.

Realitatea avea să se dovedească însă cu mult mai complexă, fiindcă progresul metodelor de măsurare a început să scoată în curînd la lumină diferenţe categorice între legile teoretice şi comportarea efectivă a gazelor reale. Legile Boyle-Mariotte şi Gay-Lussac vor începe să apară ca nişte legi limită, care

permit definirea unei stări gazoase ideale, *starea perfectă*, față de care gazele reale se abat cu atît mai puțin cu cît temperatura lor este mai ridicată și presiunea mai scăzută.

În prima jumătate a secolului al XIX-lea, studiul experimental al dilatării gazelor la presiune constantă a fost reluat succesiv de Rudberg, Magnus și Regnault, care, cu ajutorul unei aparaturi de foarte bună calitate și al unei tehnici de lucru din ce în ce mai metodică și mai riguroasă, au îmbunătățit rezultatele lui Gay-Lussac, corectînd îndeosebi anumite erori datorate unei etanșări insuficiente a aparatelor. Ei au arătat că, la presiuni reduse, coeficienții de dilatare ai aerului și gazului carbonic cresc cu presiunea. Aceste rezultate au fost ameliorate și extinse în cea de a doua parte a secolului, datorită lucrărilor lui Cailletet, Andrews, Amagat ș. a.[1].

C. CALORIMETRIA

Principiile măsurării cantităților de căldură fuseseră enunțate de Wilcke și Black în cea de a doua parte a secolului al XVIII-lea, iar primul calorimetru cu adevărat practic a fost construit și folosit de Lavoisier și Laplace în 1783. Metoda topirii gheții pe care au folosit-o ei a fost reluată — cu o aparatură mai precisă care reducea pierderile calorice și îmbunătățea măsurările de temperatură — de Hermann (1834), J. Herschel (1847), Bunsen (1870) etc.

Fabre și Silbermann au pus la punct un calorimetru cu dilatare a mercurului (1850), în timp ce numeroși experimentatori foloseau metoda numită a amestecurilor, aplicată începînd din 1750 de fizicianul rus Richmann. Acestui tip de aparat i s-au adus perfecționări importante în ceea ce privește izolarea termică și tehnica măsurărilor, în special de Rumford, Dulong și Petit, Regnault, Berthelot (1865) și Lughinin (1896). Modelul aparatului acestuia din urmă este deosebit de potrivit pentru măsurarea capacității calorice a lichidelor între temperatura ordinară și punctul lor de fierbere.

METODA RĂCIRII. Prevăzută de Newton și propusă, în 1796, de T. Mayer, această metodă de măsurare a capacităților calorice a fost folosită, pe rînd, de Dulong și Petit și de Despretz. Ea constă în compararea timpului de care au nevoie diferite corpuri ca să piardă, prin răcire în vid, același număr de grade, în timp ce volumul, temperatura lor inițială și cea a incintei rămîn identice. Faptul că în cazul solidelor corpurile studiate trebuie aduse sub formă de pulbere, a cărei omogenitate și tasare sînt greu de comparat, face ca această metodă să fie puțin precisă. În schimb, ea poate da, așa cum a arătat Regnault, rezultate bune la determinarea căldurilor specifice ale lichidelor.

[1] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui G. Allard (pp. 290—292).

CĂLDURA SPECIFICĂ A GAZELOR LA PRESIUNE CONSTANTĂ: c_p. Primele măsurări ale lui c_p, făcute la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, erau lipsite de precizie. Delaroche și Bérard au obținut, în 1813, rezultate mai bune, folosind metoda amestecurilor, conform căreia un volum dat de gaz transmite unui calorimetru căldura pierdută în timpul trecerii lui de la o temperatură t la o temperatură mai joasă t'. Ei au ajuns la rezultatul mediu $c_p = 0{,}26669$.

Regnault a reluat, în 1852, această metodă, eliminînd principalele cauze de erori care mai afectau rezultatele predecesorilor lui. El a arătat că pentru gazele care satisfac legea Boyle-Mariotte, c_p este independent de temperatură și presiune (pentru aerul între 0 și 200° C, $c_p = 0{,}2386$). În schimb, la gazele care se abat într-o mare măsură de la această lege — cum este gazul carbonic — c_p crește cu temperatura. Wiedemann a reluat aceste măsurări în 1876, obținînd valoarea 0,2391.

CĂLDURA SPECIFICĂ LA VOLUM CONSTANT: c_V. Cantitatea c_V a cărei importanță teoretică fusese scoasă în evidență, în 1850, de Clausius, nu pare să fi făcut obiectul unor măsurări directe înainte de anul 1866, cînd Joly a folosit în acest scop un calorimetru diferențial cu vaporizare, special conceput.

DETERMINAREA LUI $\gamma = c_p/c_V$. După cum se va vedea în capitolul următor, cunoașterea acestui raport are o legătură directă cu determinarea echivalentului mecanic al unității de căldură. De aceea el a făcut obiectul unui număr mare de experiențe. Prima metodă folosită, aceea a vitezei sunetului, expusă de Laplace în 1816, i-a dat posibilitatea lui Gay-Lussac (în 1822) și lui Dulong (în 1829) să obțină importante rezultate preliminare. Dezvoltarea termodinamicii i-a făcut pe Clausius, Rankine, Hirn ș.a. să reia determinarea acestei cantități, a cărei importanță experimentală a fost mărită datorită dificultății măsurării directe a lui c_V. Vom mai semnala și metoda lui Clément și Desormes care, făcînd să intervină de la început o compresiune rapidă a gazului conținut într-un balon, le-a permis să obțină, în 1819, valoarea destul de precisă $\gamma = 1{,}356$.

D. CONDUCTIBILITATEA TERMICĂ

CONDUCTIBILITATEA SOLIDELOR. Studiată analitic de Fourier, propagarea căldurii în barele metalice a făcut obiectul măsurărilor lui Biot (1816) și ale lui Despretz, care foloseau termometre așezate în cavități repartizate regulat într-o bară încălzită la unul din capetele ei. Langberg și apoi Wiedemann și Franz (1853) au perfecționat această tehnică de lucru, înlocuind bara prin fire conductoare, iar termometrele prin cupluri termoelectrice. În felul acesta, Wiedemann a putut clasa 12 metale în ordinea conductibilității descrescînde (de la argint la bismut) și a verificat proporționalitatea dintre conductibilitatea termică și cea electrică, proporționalitate prevăzută în secolul al XVIII-lea de Franklin și Achard. Rezultate mai precise au fost obținute de

Ångström (1861), F. Neumann (1862), Kirchhoff (1880) şi Kohlrausch (1900), care au dovedit că raportul conductibilităţilor depinde de diferenţele de temperatură şi de potenţialul care intervine în măsurări.

Conductibilitatea în cristale a fost studiată, pe rînd, de Sénarmont (1847), von Lang (1868), Jannettaz (1873) şi Röntgen, care au constatat că suprafeţele izoterme sînt nişte elipsoizi a căror natură depinde de caracterul fundamental al sistemului cristalin.

CONDUCTIBILITATEA LICHIDELOR. Determinarea acestei mărimi prezintă dificultăţi speciale — îndeosebi din cauza existenţei curenţilor de convecţie — care au denaturat în întregime rezultatele primelor încercări făcute spre sfîrşitul secolului al XVIII-lea şi la începutul secolului al XIX-lea. Astfel, după experienţele realizate între 1792 şi 1797, Rumford a ajuns la concluzia că lichidele şi gazele nu conduc căldura, afirmaţie care nu a fost rectificată decît cu totul incomplet de Nicholson şi Murray. Măsurările mai precise efectuate în 1839 de Despretz au scos în evidenţă conductibilitatea apei şi au dat posibilitatea să se exprime legea descreşterii exponenţiale a temperaturii din interiorul lichidului în funcţie de distanţa faţă de punctul considerat ca sursă a căldurii. Prin experienţele de mai tîrziu ale lui Guthrie (1868), Winkelmann (1880), Wachsmuth (1893) etc. s-a încercat să se elimine anumite cauze de erori şi să se îmbunătăţească — de altminteri fără mare succes — precizia rezultatelor obţinute.

CONDUCTIBILITATEA GAZELOR. Din cauză că măsurarea acestei mărimi prezenta dificultăţi experimentale şi mai mari, ea n-a fost abordată temeinic decît destul de tîrziu. Experienţele şi măsurările lui Magnus (1861), Narr (1871), Stefan (1872), Winkelmann (între 1872 şi 1893) şi Andrews au arătat că gazele posedă o conductibilitate termică redusă, care depinde de natura (hidrogenul, de exemplu, este mai conductor decît celelalte gaze) şi de presiunea lor.

E. ECHIVALENŢA DINTRE ENERGIA MECANICĂ ŞI CALDURĂ

Din experienţele lui Rumford (1798) asupra încălzirii produse în gaura ţevilor de tun rezultase că o calorie mare este echivalentă cu aproximativ 570 kgf. m (eroarea relativă este de circa 25%). Acest rezultat a fost interpretat de Rumford în sensul că căldura ar fi o mişcare, concepţie adoptată de Davy şi Ampère, fără să fi putut obţine însă o aprobare unanimă.

Între 1840 şi 1849, Joule a reluat măsurarea echivalentului caloric al energiei mecanice cheltuite, fie prin rotirea în apa unui calorimetru a unui dispozitiv cu aripioare, antrenat de coborîrea unei greutăţi, fie prin frecarea a două discuri metalice. El a obţinut pe această cale un rezultat mediu excelent: 1 kcal = 423,4 kgf.m. Acest „echivalent mecanic al unei calorii mari" prezintă o eroare relativă mai mică de 1%. Folosind o tehnică experimentală foarte

îngrijită, Rowland a obţinut în 1880 pentru echivalentul mecanic al caloriei între 17 şi 18°C un rezultat şi mai precis: 1 kcal = 4,184 J.

Vom mai semnala şi experienţele făcute de Hirn. Folosindu-se de şocul unui cilindru metalic, fizicianul acesta a obţinut rezultatul 1 kcal = 425,2 kgf.m, ceva mai puţin precis decît rezultatul mediu comunicat de Joule. Hirn a mai încercat să determine pierderea de căldură care rezultă din lucrul mecanic produs în cilindrul unei maşini cu abur, dar complexitatea metodei sale nu i-a permis să obţină decît un rezultat mediocru: 1 kcal = 398 kgf·m.

F. SCHIMBĂRILE DE STARE

Imperfecţiunile vechii clasificări a corpurilor în cele trei stări, solidă, lichidă şi gazoasă, au început să devină, în cursul secolului al XIX-lea, din ce în ce mai evidente. De aceea, oamenii de ştiinţă au fost determinaţi să distingă două stări solide, esenţial diferite una de alta: *starea cristalină* (în care materia se află distribuită după o asamblare reticulară, atribuind ansamblului un caracter fundamental de *anizotropie)* şi *starea sticloasă* caracterizată printr-o dispoziţie dezordonată a moleculelor şi prin *izotropia* principalelor proprietăţi macroscopice ale materiei. De altminteri, aceste din urmă proprietăţi prezintă o anumită asemănare cu proprietăţile stărilor lichidă şi gazoasă (stări care pot fi grupate sub denumirea de *stare fluidă*).

TOPIREA ŞI SOLIDIFICAREA. În timp ce pentru corpurile cristaline aceste două fenomene sînt perfect definite printr-un ansamblu de modificări fizice, în schimb pentru corpurile necristaline fenomenul de topire se manifestă printr-o variaţie continuă a proprietăţilor mecanice. Cu toate acestea, punctul de topire poate fi definit prin faptul că temperatura corpului supus acţiunii unei surse de căldură rămîne stabilă în tot decursul fenomenului. Acelaşi lucru se întîmplă şi cu solidificarea. Aceste două schimbări de stare pot fi puse deci în evidenţă prin trasarea unor curbe care să reprezinte temperatura corpurilor studiate, în funcţie de timp. Asemenea curbe au fost trasate de Le Châtelier, apoi de Tammann şi de Charpy (1895), iar diferite tipuri de aparate au dat posibilitatea ca ele să fie înregistrate automat.

Fenomenul de supratopire (rămînerea unui corp în stare lichidă sub punctul lui de solidificare) a fost observat de numeroşi experimentatori, fie în cazul fosforului (care poate fi menţinut lichid pînă la 25°C, deşi punctul său normal de solidificare este de 44°C), fie în cazul apei. Gay-Lussac, care arătase că o cantitate de apă putea fi răcită pînă la —12°C, fără să îngheţe, prin acoperirea ei cu un strat subţire de ulei, a observat ulterior că fenomenul de supratopire încetează să se mai manifeste, atunci cînd lichidul este agitat cu o baghetă de sticlă. Despretz şi Monti au constatat însă, după aceea, că un lichid putea fi supratopit chiar atunci cînd era animat de mişcări violente. Întreruperea

fenomenului de supratopire, observat mai înainte, a fost explicată prin introducerea în lichid a unor foarte mici cantităţi de diferite elemente care joacă rolul de catalizatori de cristalizare.

INFLUENŢA PRESIUNII ASUPRA PUNCTULUI DE TOPIRE. În decursul secolului, diferiţi experimentatori au confirmat că punctul de topire al unui solid se ridică sau coboară sub acţiunea unei creşteri de presiune, după cum topirea substanţei considerate este însoţită de o creştere sau de o scădere de volum. Astfel, W. Thomson a arătat că punctul de topire al gheţii variază cu —0,00812°C atunci cînd presiunea creşte cu 1 atm. Studii similare, asupra altor corpuri, au fost făcute de Bunsen, Hopkins şi Amagat. Datorită progresului tehnicii presiunilor înalte, acesta din urmă a avut posibilitatea să opereze cu presiuni care au trecut, în cîţiva ani, de la cîteva sute de atmosfere la 3000 atm (1890). Vom mai nota, în fine, frumoasa serie de experienţe asupra fenomenului de reînghețare, realizată, în 1871, de fizicianul englez Tyndall.

STUDIUL EXPERIMENTAL AL SISTEMULUI LICHID—VAPORI. Se ştie că orice lichid avînd o suprafaţă liberă emite vapori prin această suprafaţă. Dacă deasupra lichidului există vid, vaporizarea se produce cu viteză mare. Dimpotrivă, atunci cînd deasupra lichidului se află un gaz sau vapori, fenomenul este mai lent şi se întrerupe atunci cînd presiunea proprie a vaporilor atinge o valoare limită (presiunea de saturaţie) care este în funcţie de temperatură. Pe de altă parte, vaporii cu o presiune foarte îndepărtată de presiunea de saturaţie au proprietăţile principale ale unui gaz şi urmează, într-o primă aproximaţie, legile Boyle-Mariotte şi Gay-Lussac. În decursul secolului al XIX-lea, s-au făcut numeroase experienţe avînd ca obiect studiul variaţiei presiunii de saturaţie cu temperatura. Datorită folosirii ei la maşinile cu abur, apa a fost tema unui foarte mare număr de lucrări destinate să completeze şi să îmbunătăţească rezultatele succesive obţinute. Mărginindu-se numai la principalele experienţe cu importanţă teoretică, vom cita mai cu seamă experienţele lui Schmidt (1800), Watt (1874), Dalton, Gay-Lussac, Biot, Dulong, Magnus, precum şi, în mod cu totul special, completul program de măsurări realizat de H.-V. Regnault în cursul unor experienţe conduse deosebit de sistematic şi de riguros la cererea Comisiei centrale a maşinilor cu abur. Cea mai mare parte a acestor experimentatori au extins măsurările şi la alte lichide, străduindu-se în zadar, de altminteri, să ajungă la legi generale. Regnault a concentrat rezultatele experienţelor făcute între 1854 şi 1860 într-o formulă logaritmică cu trei termeni, în care intervin coeficienţi depinzînd de lichidul studiat.

Vom mai semnala, în fine, că în 1804 Dalton a enunţat o lege conform căreia presiunea de saturaţie a unor vapori închişi într-un spaţiu conţinînd un gaz neutru este aceeaşi ca şi în vid, lege al cărei caracter de aproximaţie a fost demonstrat de Regnault, în 1854.

FIERBEREA. Fenomenul acesta a făcut şi el obiectul unui număr mare de lucrări. Variaţia temperaturii de fierbere în funcţie de presiune a fost studiată în special de Regnault care a constatat că curba reprezentativă a fenomenului

coincidea cu curba presiunii de saturație. A fost studiată și influența substanței din care era făcut vasul, precum și fenomenul de supraîncălzire sau de întîrziere la fierbere (Gernez, 1875).

Fenomenul de calefacție (care se produce atunci cînd picături de lichid cad pe o suprafață menținută la o temperatură superioară celei de fierbere a lichidului) a fost studiat de Boutigny, Gossard și Stark, scoțîndu-se în evidență rolul lui în cazul anumitor explozii de cazane și precizîndu-se, în același timp, măsurile ce trebuiau luate pentru evitarea unor asemenea accidente.

HIGROMETRIA. Reamintim că starea higrometrică absolută este definită prin numărul f de grame de vapori de apă conținuți într-un metru cub de aer, în timp ce starea higrometrică relativă este raportul dintre f și numărul F de grame de apă necesare pentru saturarea unui metru cub de aer, la o temperatură dată t.

La higrometrul cu fir de păr, pus la punct de H.-B. Saussure înainte de anul 1783, aparat care datorită conceperii lui simple și practice va continua să se bucure de un mare succes, s-au adăugat tipuri noi de aparate.

Metoda numită „a punctului de rouă" constă, ca să spunem așa, în măsurarea temperaturii t' la care presiunea vaporilor de apă conținuți în atmosfera studiată este egală cu presiunea de saturație. În acest scop, este suficient să se scadă progresiv temperatura unui corp aflat în această atmosferă, pînă cînd pe suprafața lui apar primele picături de rouă (punctul de rouă). Măsurarea acestei temperaturi, urmată de consultarea unei tabele de presiuni de saturație, dă rezultatul căutat. Perfecționarea aparatelor bazate pe acest principiu depindea direct, pe de o parte de studiul precis al presiunilor de saturație, iar pe de altă parte de realizarea unor dispozitive practice care să permită obținerea unei răciri rapide și continue prin evaporarea unui lichid volatil. Primul aparat de acest tip, conceput de Daniell în 1820, a fost ameliorat mai tîrziu de Regnault (1845), Alluard (1878) și Crova (1883).

La psihrometrul lui Leslie, perfecționat de Gay-Lussac (1822) și August (între 1825 și 1848), a fost folosită în 1810 o altă metodă care constă din compararea indicațiilor a două termometre, unul uscat și unul umed, precum și din folosirea legii enunțate de Dalton în 1803: viteza de vaporizare a apei (deci și scăderea temperaturii termometrului umed) este proporțională cu diferența dintre presiunea reală a vaporilor de apă și presiunea de saturație la temperatura atmosferei (aceea a termometrului uscat).

TEMPERATURA CRITICĂ ȘI STAREA CRITICĂ. După ce Gay-Lussac a arătat că vaporii supuși unei presiuni cu mult mai mică decît presiunea lor de saturație se comportă ca niște gaze perfecte, cercetările lui Cagniard de Latour (1822) au scos la lumină un alt fapt capital. Într-adevăr, acest experimentator a arătat că, peste o anumită temperatură, un lichid conținut într-un recipient închis se poate transforma integral în vapori și a determinat, pentru diferite lichide, temperaturile și presiunile corespunzătoare acestei „stări critice" (sulfatul de etil 175°C, 38 atm; alcoolul 248°C, 119 atm etc.).

Determinarea condițiilor de stare critică au fost reluate, în 1867, de Andrews cu o aparatură mult mai puternică și cu metode de măsurare mai precise. Luînd drept model un gaz ușor lichefiabil — gazul carbonic — el a determinat o rețea de curbe izoterme (presiunea unei mase date dintr-un corp în funcție de volumul lui), punînd în evidență și determinînd astfel, într-un mod deosebit de sugestiv, izoterma critică (care corespunde temperaturii critice de 30,92°C) și stabilind pe această curbă coordonatele (presiunea și volumul) punctului critic. În 1870, Cailletet a admis existența unui punct critic la toate gazele, idee care a fost verificată treptat, în cursul ultimilor ani ai secolului al XIX-lea, de Natterer, Cailletet, Collardeau, Mathias, Kamerling Onnes etc., profitîndu-se de perfecționarea tehnicii temperaturilor foarte joase și de progresele paralele ale procedeelor de obținere a presiunilor ridicate.

Aceste experiențe asupra stării critice au, de altminteri, o legătură evidentă cu numeroasele lucrări întreprinse de la începutul secolului al XIX-lea pentru stabilirea unor legi precise ale dilatării gazelor și ale compresibilității lor la temperatură constantă (legea Gay-Lussac și legea Boyle-Mariotte apărînd doar ca o primă aproximație și aplicabile cu toată rigoarea numai la „gazele perfecte"), precum și cu încercările mai mult sau mai puțin reușite de lichefiere a gazelor cunoscute: prin răcire, prin compresiune sau prin folosirea simultană a acestor două procedee. Experiențele de compresibilitate făcute de Oersted (1806), Dulong și Arago (1825), Despretz (1827) și Pouillet (1837) au fost urmate de cele ale lui Regnault, conduse cu o rigurozitate exemplară. În cea de a doua jumătate a secolului, lucrările acestea au fost reluate cu o tehnică din ce în ce mai perfecționată și cu instrumente de măsură mai precise. Dintre ele vom cita în mod special încercările întreprinse de Andrews, Cailletet, Amagat etc. Fizicienii Avenarius, Mendeleev, Van der Waals etc. și-au adus o contribuție importantă la aceste lucrări, precum și — așa cum se va vedea din capitolul următor — la interpretarea rezultatelor lor experimentale.

În domeniul lichefierii gazelor, izbînzile se succed rapid, fiind lichefiate, pe rînd, anhidrida sulfuroasă (bioxidul de sulf) (Monge, 1874), clorul (Northmore, 1805), acidul sulfhidric, acidul clorhidric, acidul cianhidric, amoniacul (Faraday, 1825) etc. În 1835, Thilorier a reușit să solidifice bioxidul de carbon.

La anumite gaze însă, experimentatorii nu au fost în stare să obțină vreun rezultat în încercările lor de lichefiere. În 1854, Natterer a eșuat și el în încercările făcute pentru lichefierea anumitor gaze, zise „permanente", ca hidrogenul, azotul, oxigenul, oxidul de carbon și metanul, în ciuda folosirii unor presiuni care atingeau 2800 atm. Puțin după aceea, în 1867, Andrews a explicat că aceste nereușite repetate nu se datorau decît faptului că temperatura cea mai joasă obținută pe atunci (—110°C) era superioară temperaturii critice a gazelor luate în considerare. Justețea acestei idei a fost dovedită la sfîrșitul anului 1877 de Cailletet care, folosind răcirea prin destindere, a obținut temperaturi mult mai joase, ceea ce i-a dat posibilitatea să observe dacă nu lichefierea acestor gaze, cel puțin apariția unei cețe în masa lor. Aceeași observație a fost făcută și de genevezul Raoul Pictet care a folosit metoda răcirii, numită „în cascadă", studiată de el în scopul unor aplicații practice. Oarecare vreme

după aceea, în 1883, polonezii Wroblewski și Olszewski reușeau să lichefieze mici cantități din aceste gaze, urmați fiind de englezul Dewar care, în 1898, a obținut pentru prima dată hidrogen lichid în cantități mai însemnate. Problema lichefierii gazelor numite „permanente "era deci rezolvată la sfîrșitul secolului al XIX-lea, cu singura excepție a heliului care n-a fost lichefiat decît în 1908 de fizicianul olandez Kamerlingh Onnes în celebrul său laborator criogenic pe care îl organizase la Leyda.

CÎTEVA APLICAȚII. Cu toate că aplicațiile tehnice sînt în afara cadrului studiului nostru, sîntem obligați să reamintim totuși că, paralel cu eforturile experimentale pe care le-am menționat mai sus, secolul al XIX-lea a asistat și la realizarea unor progrese imense în domeniul diferitelor tehnici termice.

În primul rînd, extinderea rapidă a folosirii „puterii motrice a focului", datorită progreselor intervenite în construcția mașinilor cu abur și în utilizarea acestora pentru antrenarea unui mare număr de alte mașini, a revoluționat totalitatea tehnicilor industriale, în special vasele cu abur și locomotivele care au transformat, în cîteva decenii, condițiile transporturilor de mărfuri și de călători. De asemenea, în același domeniu al mașinilor termice, punerea la punct a primelor turbine cu abur, utilizabile cu adevărat, precum și inventarea motorului cu explozie, cu dezvoltarea lui rapidă datorată în parte folosirii unui nou carburant — benzina —, urmau să favorizeze nașterea și progresele rapide ale automobilului și ale dirijabilului, și nu mult după aceea, apariția primelor avioane și construcția primelor submarine. Sfîrșitul secolului urma să asiste la un nou succes în lupta de cucerire a energiei, datorită motorului cu combustie internă, care a dat motoarelor termice posibilitatea să-și consolideze poziția amenințată de inventarea dinamului și de folosirea „cărbunelui alb".

Tot în decursul secolului al XIX-lea s-a născut industria frigului datorită inventării și punerii la punct a mașinilor frigorifice bazate pe diferite principii, aplicate și în laboratoarele criogenice. Dezvoltarea acestei industrii, destul de înceată la început, urma să producă în curînd o revoluție în industria alimentară, dînd posibilitatea conservării îndelungate a alimentelor perisabile.

De fapt, chiar dacă în anumite cazuri extreme se poate face o demarcare evidentă între știință și tehnică, totuși în domeniul căldurii și al frigului, au existat în tot decursul secolului al XIX-lea zone vaste de interferență, astfel că numeroase progrese științifice au stat la originea directă a unor perfecționări tehnice fundamentale, după cum diferitele cercetări tehnice au dat științei pure posibilitatea să cunoască dezvoltări importante.

CAPITOLUL VI
Naşterea şi dezvoltarea termodinamicii

Secolul al XIX-lea este caracterizat în esenţă prin descoperirea celor două mari principii ale termodinamicii. Aşa cum am arătat în volulmul precedent (vol. II, p. 547), primul dintre ele, principiul conservării energiei, s-a impus cu mare greutate şi aceasta este cauza din care începutul secolului nu a adus nimic important, dacă facem excepţie de anumite perfecţionări ale tehnicii măsurărilor. Trebuia aşteptat ca gîndirea oamenilor să evolueze îndeajuns pentru ca să admită că ideea „caloricului" şi a indestructibilităţii lui — oricare i-ar fi fost utilitatea mai înainte — era o idee eronantă, care trebuia să facă loc unei noţiuni mai generale, şi anume, aceleia de „energie" şi de indestructibilitate a acesteia — sau, mai degrabă — de conservare a ei, fiindcă termenul indestructibilitate sugera ideea unei existenţe materiale care a fost mereu refuzată energiei pînă la descoperirea recentă a „inerţiei energiei". După cum vom vedea mai departe, ideea caloricului era atît de adînc înrădăcinată în minţile oamenilor, încît un savant de valoarea lui Sadi Carnot a fost în stare să enunţe şi să folosească cel de al doilea principiu al termodinamicii (acela care îi poartă numele) fără să renunţe la ideea caloricului, ci chiar utilizînd-o.

A. CONSERVAREA ENERGIEI

OPERA LUI SADI CARNOT. Prima dată cînd s-a stabilit o legătură între căldură şi lucrul mecanic — termen introdus în vocabularul ştiinţific de-abia în 1826, de Poncelet — a fost în lucrarea *Réflexions sur la puissance motrice du feu* (1824) a lui Sadi Carnot (1796—1832). Acesta afirma că după cum un motor hidraulic nu poate funcţiona decît cu condiţia ca apa să treacă de la un nivel mai ridicat, la un nivel mai scăzut, tot aşa un motor termic nu poate funcţiona decît dacă căldura trece de la o temperatură mai ridicată la o temperatură mai joasă sau — cum spunem mai degrabă astăzi — de la o sursă caldă, la o sursă rece[1].

[1] În timp ce lucrul mecanic poate fi transformat integral în căldură, aceasta nu poate fi transformată decît parţial în lucru mecanic. Această constatare a făcut ca căldura să fie considerată drept o „formă inferioară" de energie, iar fenomenul a fost denumit „degradarea energiei".

Acesta este unul din enunțurile a ceea ce este denumit cel de al doilea principiu al termodinamicii, sau principiul lui Carnot. Lucrarea lui Carnot nu a avut însă întregul succes care ar fi fost de dorit, fiindcă el mai continua să admită încă „indestructibilitatea caloricului". Trebuie să adăugăm chiar aici că în 1878 a fost găsit un memoriu scris de Carnot înainte de a muri în care își rectifica greșeala și indica — de altminteri fără să dea vreo explicație — o valoare destul de exactă a echivalentului mecanic al unității de căldură. La data aceea însă, principiul conservării energiei (termen introdus în 1807 de Thomas Young) era bine cunoscut, așa că memoriul lui Carnot n-a avut nici o influență asupra dezvoltării științei.

ECHIVALENTUL MECANIC AL UNITĂȚII DE CĂLDURĂ. O valoare a acestei mărimi a fost dată pentru prima dată de Robert Mayer (1814—1878) în anul 1842 și apoi, într-un mod mai explicit, în 1845, pe baza unui raționament care poate fi prezentat schematic astfel:

Atunci cînd 1 g de gaz, aflat la presiune constantă p_0, este încălzit cu 1°C, volumul său v_0 crește cu $v_0\alpha$, α fiind coeficientul lui de dilatare. Trebuie să furnizăm deci o căldură c_p (căldura specifică la presiune constantă) pentru ca să obținem un lucru mecanic $p_0v_0\alpha$. Încălzind același gram de gaz cu 1°C la volum constant, va trebui să-i furnizăm numai c_V (căldura specifică la volum constant), fără să culegem însă *nici un* lucru mecanic. Diferența $c_p - c_V$ trebuie să fie deci echivalentă cu lucrul mecanic $p_0v_0\alpha$. Dacă J este echivalentul căutat, vom scrie $J\,(c_p - c_V) = p_0v_0\alpha$, din care putem calcula pe J.

Dacă acest raționament ar fi cu adevărat riguros, ar trebui să găsim pentru J aceeași valoare, indiferent de gaz, lucru care nu se constată în realitate. Cauza constă în faptul că Mayer face ipoteza implicită că variația energiei interne este nulă în timpul destinderii izoterme, ceea ce nu este adevărat decît pentru gazele perfecte (Gay-Lussac, 1807 și Joule, 1845). Acest rezultat, care poate servi la definirea stării perfecte a gazelor, constituie „legea lui Joule".

De altfel, în lucrarea lui, Mayer nu avea în vedere numai determinarea lui J, ci lua în considerație și aplicațiile electrice și biologice ale principiului general de conservare. Într-un al treilea memoriu, apărut în 1848, el examinează chiar chestiunea fluxului și refluxului mărilor, pune problema energiei solare și explică incandescența meteoriților printr-o pierdere de energie cinetică în atmosferă.

Se vede din cele de mai sus că, în fond, preocuparea esențială a lui Mayer era căutarea unui „invariant", și s-a regăsit astfel una din ideile scumpe lui Henri Poincaré: din cauză că totul este guvernat de un sistem de ecuații diferențiale, acest sistem va trebui să admită în mod necesar integrale prime, iar una dintre acestea, aleasă în mod judicios, va putea fi botezată oricînd „energie", ceea ce face ca principiul conservării energiei să fie o „definiție deghizată"...

Paralel cu metoda lui Robert Mayer, au fost realizate numeroase alte experiențe, fie în scopul verificării principiului conservării energiei, fie în acela al determinării cu precizie a echivalentului mecanic al căldurii.

Dintre experiențele din cea de a doua categorie, trebuie citate, în primul rînd, acelea, binecunoscute, ale lui Joule, începute în 1840 și publicate în 1845 și 1850, în care lucrul mecanic (obținut, de exemplu, prin căderea unei greutăți) era transformat în căldură prin frecarea apei cu ea însăși. Acestei metode i s-au adus perfecționări de către însăși Joule (1878), Rowland (1879—1880) și Miculescu (1892). Au mai fost folosite și alte metode, electrice de exemplu. Rezultatele obținute au fost pînă la urmă îndeajuns de sigure și de precise, pentru ca cea de a IX-a Conferință generală de măsuri și greutăți (1948) să adopte joulul (unitate de lucru mecanic) ca unitate de căldură, definind caloria ca egală exact cu 4,1868 J.

Cum este ușor de imaginat, experiențele din prima categorie sînt mai puțin precise și fac apel la fenomene foarte variate, care cuprind atît transformarea lucrului mecanic în căldură, cît și transformarea inversă. Vom cita experiențele lui Joule asupra comprimării sau destinderii aerului, ale lui Hirn (1858) asupra turtirii plumbului (metal care nu se întărește) și asupra mașinii cu abur, ale lui Edlund (1865) asupra tracțiunii firelor metalice, ale lui Violle (1870), care folosea curenții Foucault, și ale lui Perot (1887) asupra căldurii de vaporizare a apei. În volumul următor vom examina enunțul abstract al principiului, dat în 1901 de Jean Perrin, precum și aplicarea pe care i-a dat-o mai tîrziu P. Langevin la stabilirea legilor generale ale mecanicii.

TERMOCHIMIA. Printre celelalte aplicații, extrem de numeroase, ale conservării energiei vom menționa cazul termochimiei. Variația energiei interne (suma căldurii și a lucrului mecanic cheltuit, cu condiția să fie exprimate în aceeași unitate) nu depinde decît de starea inițială și de starea finală a sistemului considerat. Fiindcă acesta este adevărat în ceea ce privește lucrul mecanic ori de cîte ori sau volumul, sau presiunea, rămîn constante, el trebuie să fie adevărat și pentru căldură. Acest rezultat a fost găsit pe cale experimentală de Hess (1841) în cazul particular al căldurii de combustie.

Această descoperire îndrepta o eroare, destul de general răspîndită și care mai era admisă încă, în 1845, de eminentul chimist Liebig. Într-adevăr, din cauza unor măsuri insuficient de precise ale lui Dulong (1839), se trăsese concluzia că „căldura de combustie a unui compus este egală cu suma căldurilor de combustie ale elementelor care îl constituie". Principiul lui Hess a fost folosit mereu de Favre și Silbermann la o remarcabilă serie de măsurări (1852), cu care ocazie aceștia au fost primii care au folosit cuvîntul *calorie* pentru a denumi unitatea de cantitate de căldură.

B. PRINCIPIUL LUI CARNOT

Principiul conservării energiei nu este, în fond, decît afirmarea imposibilității mișcării perpetue de prima speță: nu se poate imagina un motor care ar putea funcționa fără să împrumute nimic din exterior.

Cel de al doilea principiu, principiul lui Carnot, sau principiul evoluției energiei, afirmă imposibilitatea mișcării perpetue de a doua speță: nu se poate imagina o mașină periodică al cărui singur rol ar fi acela de a transforma căldura în lucru mecanic. O asemenea transformare este însoțită totdeauna de transportul unei cantități suplimentare de căldură de la o temperatură mai ridicată la o temperatură mai scăzută. Tocmai aspectul acesta l-a remarcat cu toată claritatea Sadi Carnot. Însă, abia în 1850 Rudolph Clausius (1822—1888) și apoi, în 1854, William Thomson (viitorul lord Kelvin, 1824—1907), au reușit să scoată în evidență întreaga importanță a acestui principiu și să tragă din el concluziile, recunoscînd astfel pe deplin geniul lui Sadi Carnot.

CICLUL CARNOT. Modul cel mai simplu în care ne putem imagina un motor care nu folosește decît două surse de căldură este, evident, următorul:

1. O masă dată, dintr-un fluid oarecare, pusă în comunicație cu un termostat aflat la o anumită temperatură t_1 (sursa caldă), se destinde producînd un anumit lucru mecanic.

2. Același fluid, izolat termic, continuă să se destindă (adiabatic), răcindu-se pînă la temperatura t_2, inferioară lui t_1, continuînd să producă lucru mecanic.

3. Pus atunci în comunicație cu un termostat aflat la temperatura t_2 (sursa rece), fluidul este comprimat (furnizîndui-se lucru mecanic) pînă cînd ocupă un volum astfel ca:

4. O nouă transformare adiabatică să-l readucă în starea inițială.

Fluidul va parcurge în acest caz un ciclu, care poate fi reînceput ori de cîte ori dorim (deci a fost realizat un motor, în sensul obișnuit al termenului), în care schimbul de căldură nu se face decît între două surse și care furnizează un lucru mecanic superior celui care i s-a furnizat în ultimele două părți ale ciclului.

Avem de-a face cu ceea ce se cheamă un „ciclu Carnot", al cărui „randament" este definit drept raportul dintre lucrul mecanic efectiv produs și lucrul mecanic care ar fi fost obținut dacă s-ar fi putut transforma integral în lucru mecanic căldura împrumutată de la sursa caldă, fără să fi fost obligați să restituim o parte din ea sursei reci. Cu alte cuvinte, dacă Q_1 este căldura împrumutată de la sursa caldă, iar Q_2 căldura restituită sursei reci, atunci randamentul are expresia $(Q_1-Q_2)/Q_1$ și este totdeauna mai mic decît unitatea.

În forma lui inițială, principiul lui Carnot nu permitea să scriem decît *inegalități*, fiindcă afirma numai că lucrul mecanic furnizat de un sistem în comunicație cu o singură sursă de căldură este în mod necesar negativ.

Luarea în considerare de către Clapeyron (1843) a transformărilor *reversibile* permite să deducem *egalități* din acest principiu, lucru esențial pentru ca regulile analizei matematice să poată fi aplicate rodnic. Din cauză că o asemenea transformare poate fi realizată în ambele sensuri, evident că dacă un ciclu reversibil este efectuat cu concursul unei singure surse, lucrul mecanic furnizat trebuie să fie *nul*, fiindcă, conform principiului al doilea, el trebuie să fie negativ atît într-un sens, cît și în celălalt. Acest caz particular, foarte simplu, dar totuși foarte important, arată modul în care aceste transformări

dau posibilitatea să se scrie egalități. Adesea este totuși util să se ia în considerare și inegalități.

Cuplînd două mașini care funcționează după ciclul Carnot, din care cel puțin una este reversibilă și nu funcționează ca motor, ci în sens invers, se poate face în așa fel încît „sursa rece" să rămînă neschimbată. Totul se petrece în acest caz ca și cînd s-ar folosi numai „sursa caldă", ceea ce înseamnă că lucrul mecanic folosit de prima mașină (care poate fi reversibilă) trebuie să fie cel mult egal cu acela absorbit de cea de a doua mașină.

S-a tras concluzia că randamentul unei mașini Carnot este maxim, atunci cînd această mașină este reversibilă.

Dacă ambele mașini sînt reversibile, randamentul lor trebuie să fie același. El, trebuie să fie deci în special independent de natura fluidului utilizat și să nu depindă decît de temperaturile celor două surse folosite.

Deci calculul randamentului poate fi făcut presupunînd că fluidul este un gaz perfect. Se obține rezultatul, denumit adesea „teorema lui Carnot", că randamentul $(Q_1 - Q_2)/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1$, în care T_1 și T_2 sînt „temperaturile absolute" definite prin ecuația de stare a gazelor perfecte, $pV = RT$, formulată în 1843 de Clapeyron.

SCARA ABSOLUTĂ A TEMPERATURILOR. În loc de a calcula însă randamentul unui motor cu gaz perfect este mult mai convenabil să se procedeze după o sugestie a lui Kelvin. Se știe că mărimile sînt considerate „măsurabile", atunci cînd se poate defini — în afară de egalitatea a două dintre ele — și suma sau raportul a două asemenea mărimi, *oricare* ar fi ele. Or, am văzut mai înainte că raportul $(Q_1 - Q_2)/Q_1$ nu depinde decît de temperaturile celor două surse. Același lucru se poate spune — evident — și despre raportul Q_1/Q_2. Temperaturile vor fi făcute deci măsurabile, dacă vom considera că raportul Q_1/Q_2 este egal — prin definiție — cu raportul T_1/T_2 al temperaturilor celor două surse. În prezent, această metodă este folosită într-un mod din ce în ce mai general pentru definirea scărilor termometrice legale.

Încă din 1924, legea germană a definit raportul a două temperaturi drept raportul căldurilor schimbate de o mașină termică reversibilă care funcționează între aceste două temperaturi, cu condiția ca unitatea intervalului de temperatură să fie aleasă în așa fel încît diferența dintre temperatura de fierbere a apei și temperatura de topire a gheței să fie egală cu 100.

Legea franceză definește temperatura prin referire la un gaz perfect. Cu toate că cele două scări sînt identice, definiția termodinamică prezintă avantajul de a accentua asupra faptului că temperatura este efectiv o mărime măsurabilă, nu numai reperabilă.

Cea de a X-a Conferință generală de măsuri și greutăți (1954) a hotărît să adopte definiția termodinamică (unitatea fiind denumită grad Kelvin și urmînd să fie reprezentată prin °K), fără să mai fixeze intervalul dintre două puncte fixe, ci numai un singur punct fix — punctul triplu al apei — care

trebuie să fie, prin definiţie, egal cu exact 273,16°K. Ţinînd seama de erorile experimentale, aceasta înseamnă că temperatura de topire a gheţei la presiune atmosferică normală este fixată astfel la 273,15°K, iar temperatura de fierbere a apei, tot la presiunea atmosferică normală, la 373,15°K. Temperatura Celsius, aceea de care ne servim în mod curent, este definită, în acest caz, ca temperatura absolută micşorată cu 273,15°K.

ENTROPIA. Să considerăm un ciclu Carnot reversibil. Folosind datele de mai înainte putem scrie:

$$Q_1/T_1 - Q_2/T_2 = 0$$

sau, dacă în loc să reprezentăm prin Q_1 şi Q_2 căldurile furnizate şi primite de sursa caldă şi, respectiv, de sursa rece, reprezentăm prin aceleaşi litere căldurile *furnizate* de fiecare din cele două surse (ceea ce ne obligă să înlocuim pe Q_2 prin $-Q_2$),

$$Q_1/T_1 + Q_2/T_2 = 0. \tag{1}$$

Dacă luăm acum un ciclu oarecare, care foloseşte un număr oarecare de surse, însă reversibile, şi pe care îl descompunem în cicluri adiabatice, putem considera oricînd acest ciclu drept suprapunerea unui mare număr de cicluri, foarte apropiat de ciclul Carnot. Fără să mai insistăm asupra unui raţionament oarecum greu de urmărit, se deduce că adunînd toate egalităţile (1) corespunzătoare fiecăruia din aceste cicluri, vom obţine $\int \frac{dQ}{T} = 0$, integrala fiind luată pe tot ciclul.

Este uşor de tras concluzia că dacă integrala $\int \frac{dQ}{T}$ nu mai este luată pe un ciclu, ci pe o transformare reversibilă neînchisă (adică ale cărei stări iniţială şi finală nu coincid), ea nu va mai depinde decît de starea iniţială şi de starea finală, nu şi de stările intermediare. Deci ea va putea fi considerată ca variaţia unei funcţii de stare a sistemului între cele două stări extreme.

Acestei funcţii, care are o definiţie ceva mai abstractă, Clausius i-a dat numele de *entropie* (în 1865) şi a reprezentat-o prin simbolul S.

Dacă, în loc de un ciclu reversibil, avem de-a face cu un ciclu ireversibil, se demonstrează că integrala $\int \frac{dQ}{T}$, în loc să fie nulă, devine negativă. Rezultă că această integrală, luată pe o transformare neînchisă, este totdeauna mai mică în cazul cînd transformarea este ireversibilă, decît în cazul cînd ea este reversibilă sau, cu alte cuvinte, că această integrală este cel mult egală cu variaţia entropiei. Or, dacă considerăm un sistem *complet izolat* şi în curs de evoluţie, putem afirma că:

1. Acest sistem evoluează ireversibil.
2. Toate cantităţile de căldură dQ intrate în acţiune sînt nule.

Deci, dacă ne imaginăm o transformare reversibilă avînd aceleaşi extremităţi ca şi transformarea reală (ceea ce este necesar ca să putem defini variaţia ΔS a entropiei), vom putea scrie că

$$0 \leqslant \Delta S,$$

ceea ce se traduce spunînd că entropia unui sistem izolat nu poate descreşte: ea creşte pentru o transformare ireversibilă şi rămîne constantă pentru o transformare reversibilă. Această teoremă asupra creşterii entropiei a jucat un rol fundamental în anumite speculaţii filozofice în legătură cu „moartea universului", speculaţii care nu se bazează în realitate numai pe această teoremă, ci şi pe două ipoteze suplimentare:

1. Imposibilitatea descreşterii ar implica, pentru entropie, existenţa unui maxim.

2. Teorema ar putea fi aplicată universului întreg, considerat ca un sistem izolat.

Universul întreg este însă — la scara noastră — un sistem care nu formează decît o moleculă unică şi, după cum vom vedea mai departe, cel de al doilea principiu al termodinamicii nu mai este valabil în acest din urmă caz...

ENERGIA LIBERĂ. Am întîlnit pînă acum două funcţii de stare ale unui sistem (definite numai pînă la o constantă aditivă): energia internă U şi entropia S. Este însă permis să definim încă multe alte asemenea funcţii, din care unele au un rol capital.

Din faptul că într-un ciclu reversibil, în care nu intervine decît o singură sursă de căldură (ciclu *izoterm*), lucrul mecanic trebuie să fie nul, se poate trage uşor concluzia că în transformările izoterme (nu neapărat ciclice) lucrul mecanic nu trebuie să depindă decît de stările extreme, astfel că poate fi considerat drept variaţia unei funcţii de stare a sistemului. Avem de-a face acum cu o nouă funcţie termodinamică F, căreia i s-au dat diferite nume, dintre care vom adopta aici pe acela de *energie liberă*, datorat lui Helmholtz.

Se mai demonstrează, de asemenea, că, într-o transformare monotermă ireversibilă, lucrul mecanic W furnizat sistemului este totdeauna superior aceluia care i s-ar furniza într-o transformare reversibilă cu aceleaşi extremităţi, adică superior variaţiei energiei libere: $W \geqslant \Delta F$.

În cazul cînd transformarea reală, în general ireversibilă, se face la volum constant, lucrul mecanic W este nul, de unde rezultă $\Delta F \leqslant 0$.

Acest fapt se exprimă spunînd că energia liberă a unui sistem care evoluează la temperatură constantă şi la volum constant nu poate creşte. Ea poate numai să descrească, sau să rămînă constantă (dacă transformarea este reversibilă). O consecinţă importantă a acestei teoreme este că, dacă energia liberă a unui sistem, menţinut la temperatură constantă şi la volum constant, este minimă, sistemul va fi în mod necesar în echilibru. Este un rezultat analog cu teorema din mecanică, conform căreia energia potenţială a unui sistem mecanic în echilibru este minimă.

Această teoremă capătă o importanţă primordială atunci cînd este aplicată la sistemele apte de a fi sediul unor fenomene chimice, fiindcă dă în acest caz un sens clar noţiunii de „afinitate chimică". J. Thomsen propusese în 1858 (şi apoi Berthelot în 1865) ca această afinitate să fie măsurată prin căldura degajată în timpul unei reacţii chimice, fiindcă credeau (a se vedea „principiul lucrului mecanic maxim" al lui Berthelot) că orice reacţie realizabilă spontan era exotermă. Or, atunci cînd un sistem este menţinut la volum con-

stant, căldura degajată este egală cu micşorarea energiei sale interne, $-\Delta U$. Principiul lui Berthelot ar putea fi exprimat deci prin inegalitatea: $-\Delta U > 0$ sau $\Delta U < 0$.

În 1882, Helmholtz a atras atenţia asupra faptului că această inegalitate nu era necesară din punct de vedere termodinamic, faţă de inegalitatea $\Delta F < 0$ care era necesară. El a propus deci ca afinitatea chimică să fie măsurată prin micşorarea $-\Delta F$ a energiei libere.

Helmholtz a mai reuşit, de asemenea, să găsească corelaţia dintre ΔU şi ΔF stabilind celebra „ecuaţie a lui Helmholtz"

$$\Delta U = \Delta F - T\frac{\mathrm{d}\Delta F}{\mathrm{d}T}$$

(derivata care figurează în această expresie trebuie luată la volum constant).

Vom mai semnala, în fine, că energia liberă este legată de energia internă şi de entropie prin relaţia $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$, unde căldura şi lucrul mecanic sînt exprimate în aceleaşi unităţi.

ENTALPIA ŞI ENTALPIA LIBERĂ. Atunci cînd un sistem nu este menţinut la volum constant, ci la presiune constantă, lucrul mecanic pe care îl primeşte din exterior atunci cînd volumul lui variază cu ΔV este $-p\Delta V$, sau, ceea ce înseamnă acelaşi lucru, cu $\Delta(-pV)$. În cazul cînd energia lui internă variază cu ΔU, căldura primită de sistem este $\Delta U - \Delta(-pV) = \Delta(U + pV)$.

Noua funcţie termodinamică $H = U + pV$, pe care Kamerlingh Onnes a numit-o „entalpie", joacă — în transformările la presiune constantă — rolul pe care îl are energia internă în transformările la volum constant.

De asemenea, funcţia $G = H - TS$ joacă în aceste transformări acelaşi rol ca şi energia liberă în transformările la volum constant. Această funcţie a fost introdusă de J.W. Gibbs. Printre numeroasele nume care i s-au dat, îl vom alege pe acela de „entalpie liberă". Proprietatea ei fundamentală este aceea că în orice transformare reală a unui sistem menţinut la temperatură şi presiune constantă se obţine în mod necesar $\Delta G \leqslant 0$.

Faptul acesta arată, în particular, că orice sistem, menţinut la temperatură şi presiune constante, este în echilibru atunci cînd entalpia sa liberă este minimă şi că pentru un sistem chimic, care se transformă la presiune constantă, micşorarea $-\Delta G$ poate servi drept definiţie a afinităţii chimice. S-ar putea ca această dualitate de definiţii posibile ($-\Delta F$ şi $-\Delta G$) ale afinităţii chimice să fie supărătoare la prima vedere. Ceea ce arată această dualitate este, pur şi simplu, că nu se poate vorbi de afinitate intrinsecă a unui sistem şi că, de aceea, este necesar să se fixeze în prealabil condiţiile exterioare impuse sistemului (volum constant sau presiune constantă), aşa după cum „căldurile de reacţie" nu sînt determinate decît atunci cînd aceste condiţii exterioare au fost fixate.

Vom mai semnala, în fine, şi o altă relaţie analogă aceleia a lui Helmholtz:

$$\Delta H = \Delta G - T\frac{\mathrm{d}\Delta G}{\mathrm{d}T},$$

în care derivata este luată, de această dată, la presiune constantă. Mai notăm că în 1869 Massieu a introdus două funcţii care puteau aduce aceleaşi servicii ca şi F şi G, anume raportul dintre ele şi temperatura absolută.

PRINCIPIUL LUI NERNST. Cele două funcții esențiale, energia internă și entropia, nu sînt definite decît pînă la o constantă aditivă, fiindcă numai variațiile funcțiilor au o semnificație termodinamică. Inerția energiei dă posibilitatea ca energia internă să fie stabilită în valoare absolută, considerînd în fond drept nulă energia internă a unui sistem complet dematerializat. Rămînea să se găsească însă o proveniență logică pentru entropie. În 1906, W. Nernst (1864—1941) a deschis o cale în acest sens, stabilind principial că variația entropiei într-o transformare este nulă, atunci cînd transformarea se face la zero absolut. Acest principiu a putut fi corelat atunci cu imposibilitatea de a se atinge în mod riguros zero absolut prin intermediul unui număr *finit* de transformări... Puțin după aceea, Max Planck a generalizat acest principiu, afirmînd că entropia unui corp pur oarecare, în echilibru la zero absolut, este nulă, enunț care și-a arătat întreaga lui valoare în lumina mecanicii statistice.

C. CĂLDURA SPECIFICĂ

Fără a mai reaminti toate perfecționările aduse măsurărilor calorimetrice, sîntem totuși obligați să revenim asupra anumitor rezultate obținute în acest domeniu și, în special, asupra măsurării căldurilor specifice ale corpurilor simple solide, realizată în 1820 de Dulong și Petit.

Pe vremea aceea, masele atomice nu erau determinate decît cu o precizie destul de redusă, iar formulele compușilor, din a căror analiză rezultau masele atomice, nu erau totdeauna prea sigure.

După ce măsuraseră, cu toată precizia posibilă pe atunci, căldurile specifice a 12 metale, Dulong și Petit au constatat că produsele dintre numerele obținute pentru căldurile specifice și masele atomice atribuite acestor metale se plasau în două grupe: pentru 5 dintre ele produsul era de aproximativ 6, iar pentru celelalte 7, era de aproximativ 12. Ei s-au gîndit atunci că odată ce era posibil ca masele atomice să fie multiplicate cu un raport simplu (fără ca prin aceasta să se încalce vreuna din legile fundamentale ale chimiei) masele atomice puteau fi alese în așa fel încît produsele formate să fie, toate, apropiate unele de altele. De aceea, au propus ca masele atomice ale celor din urmă 7 corpuri simple (plumbul, aurul, zincul, telurul, nichelul și fierul) să fie împărțite prin 2. Aceasta este originea „legii lui Dulong și Petit", asupra căreia vom mai reveni.

Patru corpuri simple (beriliul, borul, carbonul și siliciul) păreau că nu vor să asculte de această lege, fiindcă produsul dintre căldura lor specifică și masa atomică era mult mai mic decît 6. Măsurările făcute de H. Weber (1875) au arătat însă că căldurile specifice ale acestor corpuri variază cu temperatura și că tind către o valoare limită care verifică legea lui Dulong și Petit. Concomitent, măsurările la temperaturi foarte joase, efectuate de Nernst și elevii lui, au arătat că — pentru toate corpurile — căldura specifică este o funcție descrescătoare de temperatură, funcție care tinde către zero atunci cînd temperatura se apropie de zero absolut.

Mai atragem în fine atenția că Kopp a arătat, în jurul anului 1864, că căldura moleculară (produsul dintre căldura specifică și masa moleculară a corpurilor compuse solide) este sensibil egală cu suma căldurilor atomice ale corpurilor simple componente (proprietate aditivă).

D. GAZELE REALE. LICHEFIEREA GAZELOR

Multă vreme, legea Boyle-Mariotte a fost socotită drept adevărată. De-abia la începutul secolului al XIX-lea experiențele mai precise ale lui Oersted și Suensson, confirmate de cele ale lui Despretz și Pouillet, au arătat, fără putință de îndoială, că anhidrida sulfuroasă era mai compresibilă ca aerul. A fost nevoie să se aștepte însă experiențele lui Regnault pentru ca să se dovedească că aerul nu se comprima așa cum ar fi cerut legea Boyle-Mariotte. De aceea era cu totul recomandabilă încercarea ca în locul *ecuației de stare* $pV = RT$ a gazelor perfecte, să se introducă o ecuație mai complexă, care să reprezinte mai bine faptele experimentale.

ECUAȚIA VAN DER WAALS. Încă din 1864, Athanase Dupré atrăsese atenția că, la presiuni extrem de mari, volumul unui gaz nu putea tinde către zero, așa cum cerea legea Boyle-Mariotte, fiindcă nu era posibil ca acest volum să fie redus la o valoare mai mică decît aceea care ar fi corespuns îndesării moleculelor componente una lîngă alta, compact. Dacă notăm cu b volumul *real* al moleculelor, atunci V trebuia înlocuit în formulă cu $(V - b)$. Dar, fiindcă există gaze care urmează destul de aproape legea Boyle-Mariotte, în formulă trebuia introdusă în mod corelativ o *presiune interioară* π, care să se adauge la presiunea exterioară p, scriindu-se $(p + \pi)(V - b) = RT$. Hirn admitea că π trebuia să fie constant, însă ecuația de stare astfel obținută nu era cu nimic mai satisfăcătoare decît aceea a gazelor perfecte. În 1873, Van der Waals (1837—1923) a propus ecuația care îi poartă numele:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT.$$

„Covolumul" b era introdus făcînd apel la teoria cinetică a gazelor, ceea ce permitea să se demonstreze că el trebuia să reprezinte cvadruplul volumului real al moleculelor, nu numai volumul lor real, așa cum sugerase Dupré. În ceea ce privește „presiunea internă" $\frac{a}{V^2}$, ea a fost introdusă ca o generalizare a ideilor lui Laplace asupra tensiunii superficiale.

Dacă se trasează grafic presiunea p în funcție de volumul V („diagrama Clapeyron"), se constată că curba prezintă două aspecte perfect distincte, după valoarea temperaturii T. Pentru a ne explica acest lucru, putem încerca să aflăm valoarea lui V pentru valori arbitrare ale lui T și p.

Fiindcă ecuația lui Van der Waals se poate scrie:

$$pV^3 - (RT + bp)V^2 + aV - ab = 0,$$

înseamnă că, pentru a afla pe V, trebuie să rezolvăm o ecuație de gradul trei.

Dacă T este suficient de mare (mai mare decît $8a/27bR$), ecuația nu are decît o singură rădăcină, iar curba reprezentativă coboară regulat, avînd o formă care reamintește pe aceea a unei hiperbole. Dacă însă T este mai mic decît $8a/27bR$, ecuația are trei rădăcini reale. Presiunea p (care are o valoare foarte mare atunci cînd V este mic) începe prin a scădea, trece printr-un minim, crește din nou, trece printr-un maxim și apoi reîncepe să scadă pentru a tinde către zero atunci cînd V crește la infinit. Dacă pentru valori mari ale lui V expresia lui Van der Waals nu diferă prea mult de aceea a lui Boyle-Mariotte (putînd deci să reprezinte compresibilitatea unui gaz), porțiunea de curbă situată *înaintea* minimului, și care corespunde deci unor valori mici ale lui V, nu poate reprezenta decît un fluid *foarte puțin* compresibil. Or, Andrews arătase că anumite gaze, ca de exemplu anhidrida carbonică, puteau trece în stare lichidă (să se lichefieze) prin simplă compresiune, fenomenul fiind reprezentat într-o diagramă Clapeyron printr-o linie orizontală. După Van der Waals, ar fi trebuit deci ca curba teoretică să fie tăiată și înlocuită printr-o porțiune orizontală.

STAREA CRITICĂ. Ca o consecință a experiențelor sale, Andrews a introdus noțiunea de „temperatură critică". Deși gazul carbonic se poate lichefia prin simplă comprimare la o temperatură mai mică de 31,3°C, totuși, deasupra acestei temperaturi transformarea este imposibilă. În același timp — așa cum arătaseră Andrews și Van der Waals — „între starea lichidă și cea gazoasă trebuie să existe o continuitate".

Să luăm, de exemplu, gazul carbonic la 20°C și la presiunea atmosferică. Comprimîndu-l, el poate fi lichefiat: se observă o „treaptă de lichefiere" căreia îi corespunde o presiune de 56,3 atm. După ce gazul este lichefiat complet, presiunea poate fi mărită din nou, cu o mică scădere a volumului, ajungîndu-se, de exemplu, la 60 atm, deși temperatura a rămas constantă, la 20°C. Avem posibilitatea însă să aducem gazul carbonic în aceeași stare finală fără să mai trecem peste vreo treaptă de lichefiere. Plecînd tot de la 20°C, putem încălzi gazul la o presiune constantă pînă la 40°C de exemplu (adică la o temperatură superioară temperaturii critice), să-l comprimăm pînă la 60 atm și apoi să-l răcim, la presiune constantă, pînă la 20°C. Vom obține astfel același lichid, fără să fi constatat însă în nici un moment coexistența a două faze distincte, caracteristice fenomenului de lichefiere.

Noțiunea de temperatură critică duce la aceea de „punct critic". Într-adevăr, dacă se comprimă un gaz la o temperatură foarte puțin inferioară temperaturii critice, se observă o treaptă — foarte scurtă — de lichefiere. Aceasta înseamnă că, chiar la temperatura critică, treapta trebuie redusă la un punct și să corespundă unei presiuni bine determinate, „presiunea critică". Volumul corespunzător este „volumul critic".

LEGEA STĂRILOR CORESPONDENTE. După ce temperatura critică T_c a fost determinată în funcție de parametrii a, b, R care figurează în ecuația Van der Waals ($T_c = 8a/27bR$), se poate determina în același fel și presiunea critică p_c și volumul critic V_c ($p_c = a/27b^2$; $V_c = 3b$).

În 1880, lui Van der Waals i-a venit ideea să folosească, pentru calcularea parametrilor a, b, R, datele critice, ale căror valori le-a substituit în ecuația de stare. Ecuația astfel scrisă nu face să intervină decît rapoartele T/T_c, p/p_c și V/V_c, numite „coordonate reduse".

Punînd $T/T_c = \theta$, $p/p_c = \varpi$, $V/V_c = \varphi$ se obține „ecuația redusă" a lui Van der Waals:

$$\left(\varpi + \frac{3}{\varphi^2}\right)(3\varphi - 1) = 8\theta.$$

Ecuația redusă este aceeași pentru toate gazele. Se poate deduce din ea că dacă două gaze sînt în „stări corespondente", adică dacă temperaturile și presiunile lor sînt fracțiuni egale din temperaturile și presiunile lor critice, atunci volumele lor vor fi și ele fracțiuni egale din volumele lor critice.

Ceva mai mult, se poate demonstra că valabilitatea acestui rezultat depinde numai de faptul că ecuația de stare comportă trei parametri, și nu de forma particulară aleasă de Van der Waals. Din această cauză, așa cum au dovedit-o în special lucrările lui Amagat, legea stărilor corespondente se verifică mult mai bine decît ecuația inițială a lui Van der Waals. Totuși, fiindcă ecuația lui Van der Waals nu se dovedise prea potrivită pentru reprezentarea faptelor experimentale, au fost propuse numeroase altele, printre care și aceea a lui Clausius, care prezintă anumite avantaje:

$$\left[p + \frac{a}{T(V+b)^2}\right](V - \varphi) = RT,$$

în care b este adesea luat egal cu zero.

OBȚINEREA TEMPERATURILOR JOASE. Metodele cele mai vechi cunoscute pentru scăderea temperaturii constau din folosirea amestecurilor refrigerente (ca gheață plus sare) și din evaporarea lichidelor volatile (de exemplu eterul). Posibilitatea lichefierii unor gaze, ca anhidrida carbonică sau anhidrida sulfuroasă, a permis extinderea acestei metode, cu condiția obținerii unei temperaturi inferioară temperaturii critice. Un mare progres în obținerea temperaturilor joase a fost realizat, în 1852, datorită descoperirii de către Joule și W. Thomson a efectului care le poartă numele.

Enunțul „legii lui Joule", citată mai sus, poate fi inversat spunînd că destinderea — la energie internă constantă — a unui gaz perfect nu este însoțită de nici o variație de temperatură. Cu un gaz real lucrurile nu se întîmplă însă la fel. Se poate demonstra că temperatura unui gaz care se destinde cu energie internă constantă, urmînd, de exemplu, ecuația lui Van der Waals sau aceea a lui Clausius, se micșorează într-o oarecare măsură.

Ideea lui Joule și Thomson a fost aceea de a provoca destinderea unui gaz la entalpie constantă, ceea ce revine la a obliga gazul să furnizeze lucru me-

canic în timpul destinderii, spre deosebire de cazul precedent cînd destinderea se făcea fără lucru mecanic exterior. Se poate demonstra că în cazul lui Van der Waals trebuie să se producă întotdeauna o răcire mai mare decît în cazul precedent. Dimpotrivă, folosind ecuația lui Clausius, se constată că se poate produce o răcire destul de importantă atunci cînd temperatura inițială este îndeajuns de joasă, dar că putem observa o încălzire dacă temperatura inițială este mai ridicată. Există, cu alte cuvinte, o „temperatură de inversiune" deasupra căreia nu se poate răci un gaz prin destindere. Or, tocmai acest lucru reieșea din experiențele lui Joule și Thomson, fiindcă la anhidrida carbonică aflată la temperatura ordinară, o destindere de la 2 la 1 atm dădea o scădere de temperatură de 0,26°C, în timp ce la hidrogen, aceeași destindere provoca o ușoară urcare a temperaturii. Aceste experiențe, precum și formula lui Clausius arată că scăderea de temperatură ce trebuie prevăzută este cu atît mai mare cu cît temperatura inițială este mai joasă.

Pe baza efectului Joule-Thomson, s-a reușit în cursul secolului al XIX-lea să se creeze o întreagă industrie a frigului, dominată de numele lui Linde și al lui George Claude. Cele mai importante etape ale progresului realizat în acest domeniu sînt lichefierea oxigenului și azotului (gaze numite „permanente") de către Wroblewski și Olszewski în 1883, lichefierea hidrogenului realizată pentru prima dată în cantități destul de importante de către James Dewar în 1898 și, în fine, lichefierea heliului, în 1908, de către Kamerlingh Onnes. În felul acesta, ultimul din „gazele permanente" fusese lichefiat. Fierberea lui sub presiune redusă a dat posibilitatea să se obțină o temperatură de 0,7°K.

Vom vedea în volumul următor că s-au putut realiza temperaturi și mai apropiate de zero absolut, folosindu-se demagnetizarea adiabatică a substanțelor paramagnetice.

E. SOLUȚIILE

Fenomenul dizolvării este cunoscut de foarte multă vreme. La fel este cunoscută și existența stării de saturație, din care decurge direct noțiunea de coeficient de solubilitate. Determinarea acestor coeficienți a făcut obiectul unor numeroase lucrări, însă măsurarea lor precum și verificarea, cu ocazia acestor măsurări, a anumitor consecințe ale principiilor termodinamicii nu prezintă nici un interes din punct de vedere al evoluției ideilor.

LEGILE OSMOZEI. Studiul soluțiilor diluate s-a dovedit în schimb a fi de cea mai mare importanță. Primul eveniment însemnat a fost punerea în evidență a fenomenului de osmoză de către Dutrochet, în 1827.

În acest scop, Dutrochet a umplut cu apă sărată o băşică de porc, pe care a legat-o cu sfoară în jurul unui tub de sticlă introdus în ea. Scufundînd băşica în apă pură şi ţinînd tubul vertical, el a observat că lichidul se ridica în mod spontan în tub, ieşind

cîteodată afară din el, ceea ce arăta nu numai că apa traversase băşica (un lucru nu prea surprinzător), dar şi că legile hidrostaticii nu se mai aplicau, fiindcă se constata o diferenţă de nivel între apa din tub şi apa din exterior.

Modificată în mod convenabil, această experienţă a dat naştere dializei, aplicată de către Dubrunfaut, în 1854, în industria zahărului. În 1887, Pfeffer observă că o celulă vegetală tînără se umflă în apa pură şi se contractă în apa puternic sărată. Fiindcă protoplasma rămîne în interiorul celulei, fenomenul se reduce la traversarea — într-un sens sau în altul — a peretelui celular de către apă. Acest perete constituia deci o membrană semipermeabilă. Precipitînd în masa unui perete poros ferocianură de cupru, Pfeffer a realizat pereţi semipermeabili artificiali, repetînd cu ajutorul lor experienţa lui Dutrochet. El a constatat stabilirea unui echilibru real şi a avut putinţa să măsoare exact diferenţa de nivel dintre lichidul care se urca în vasul lui şi apa din exteriorul acestui vas. Această diferenţă de nivel măsoară „presiunea osmotică".

Rezultatele diferitelor măsurări ale presiunii osmotice au fost sintetizate, în 1884, de Van't Hoff (1852—1911) în următoarele două legi:

1. Dacă temperatura rămîne invariabilă, presiunea osmotică este proporţională cu concentraţia;

2. Dacă concentraţia rămîne invariabilă, presiunea osmotică este proporţională cu temperatura absolută.

Din cauză că concentraţia unei soluţii este invers proporţională cu volumul soluţiei care conţine un volum dat de corp dizolvat, este uşor de văzut că cele două legi sînt analoge legilor Boyle-Mariotte şi Gay-Lussac.

Cu alte cuvinte, dacă reprezentăm prin $\overline{\omega}$ presiunea osmotică, prin V volumul soluţiei care conţine o cantitate dată de corp dizolvat, prin T temperatura absolută, iar prin K o constantă, putem scrie $\overline{\omega}V = KT$, expresie a cărei asemănare cu ecuaţia de stare a gazelor perfecte este evidentă.

În 1883, H. de Vries a arătat că, la o aceeaşi temperatură, soluţiile în care se poate cufunda o celulă vegetală fără ca să se umfle sau să se contracte (ceea ce dovedeşte că presiunea osmotică este aceeaşi în interiorul şi în exteriorul ei), sînt *izotonice*, adică au aceeaşi concentraţie moleculară.

Această observaţie i-a dat lui Van't Hoff posibilitatea să facă un nou pas înainte. Într-adevăr, el s-a gîndit, în 1885, că constanta K din ecuaţia precedentă trebuie să fie aceeaşi pentru toate soluţiile, cu condiţia ca volumul V să fie volumul unei soluţii conţinînd o moleculă-gram de corp dizolvat. Un raţionament termodinamic i-a dat posibilitatea să demonstreze că lucrurile trebuiau să se petreacă aşa dacă corpul dizolvat este un gaz care urmează legea lui Henry (adică de aşa fel încît concentraţia soluţiei să fie proporţională cu presiunea gazului în echilibru cu ea) şi că aceasta trebuia să fie egală cu constanta R a gazelor perfecte.

Van't Hoff a rezumat toate cele de mai sus spunînd că soluţiile trebuie să urmeze nu numai legile Boyle-Mariotte şi Gay-Lussac, ci şi legea lui Avogadro. Măsurarea presiunilor osmotice permite deci — ca şi măsurarea densităţii vaporilor — calcularea greutăţilor moleculare.

LEGILE LUI RAOULT. Blagden arătase, încă din 1788, că o soluție apoasă diluată se solidifică la o temperatură mai mică de 0°C (temperatura de solidificare a apei pure) și că coborîrea punctului de congelare este sensibil proporțională cu concentrația soluției. Această problemă fusese studiată de numeroși alți experimentatori. Prin 1871—1872, de Coppet arătase că ceea ce el numea „coborîrea atomică" (adică produsul dintre greutatea moleculară a sării dizolvate și coborîrea de temperatură provocată de dizolvarea unui gram de sare în 100 g apă) era sensibil aceeași pentru diferitele săruri de aceeași natură și cu aceeași compoziție.

Problema a fost complet clarificată de către François-Marie Raoult (1830—1901), care experimenta începînd din 1878. Între 1882 și 1883, el a rezumat în modul următor rezultatele unui foarte mare număr de măsurători:

Fie P greutatea substanței anhidre dizolvată în 100 g de solvent și C coborîrea punctului de congelare corespunzător. Dacă legea lui Blagden este aplicabilă, atunci raportul C/P (pe care el îl numește „coeficient de coborîre brută a substanței dizolvate") reprezintă coborîrea punctului de congelare produsă de 1 g de substanță în 100 g de solvent, iar produsul acestui raport cu greutatea moleculară M dă „coborîrea moleculară reală", t. În cazul cînd corpul nu urmează legea lui Blagden, coborîrea moleculară reală se obține trasînd curba $M.\ C/P$ în funcție de P și extrapolînd rezultatele la $P = 0$. Este suficient, în general, ca soluția să fie atît de diluată încît C să se apropie de 1°C, ca să putem scrie:

$$t = \frac{C}{P} \times M.$$

Legea enunță că „coborîrea moleculară" depinde de solvent, dar că, pentru un solvent dat, ea rămîne aceeași pentru numeroase și bine definite grupe de compuși. Valorile date de ea erau suficient de bine determinate pentru ca Raoult să poată propune folosirea ei la determinarea greutăților atomice, metodă care a fost folosită pe scară largă de chimiști sub numele de crioscopie sau de criometrie.

În memoriul lui din 1885 asupra presiunii osmotice, Van't Hoff calculase, pe baza unui raționament termodinamic, coborîrea moleculară t a lui Raoult:

$$t = 0{,}01976\ T^2/W,$$

în care T este temperatura absolută de congelare a solventului pur, iar W căldura latentă de topire, în calorii pe kilogram.

Atunci cînd erau luate ca solvent apa, acidul acetic, acidul formic, benzenul și nitrobenzenul, corpuri pentru care t, T și W erau cunoscute, acordul cu cifrele găsite de Raoult era deosebit de corect. Admițînd valabilitatea relației precedente, Raoult a evaluat căldura latentă W a dibromurei de etilen, a cărei căldură latentă de topire nu era cunoscută, la 13,2 cal. Verificarea experimentală, făcută de chimistul suedez Pettersson, a fost concludentă. trei experiențe au dat cifrele 13,05; 12,88; 12,89.

Considerînd problema crioscopiei suficient de lămurită, Raoult abordează începînd din 1886, o problemă care f usese — după o sugestie a lui Regnault — punctul de plecare a cercetărilor sale asupra soluțiilor, și anume studiul tensiunilor de vapori ale acestora. El a folosit, după caz, două metode, pe care le-a numit una statică și alta dinamică. Prima metodă constă din măsurarea efectivă a tensiunilor de vapori ale soluțiilor, iar cea de a doua din măsurarea ridicării punctului lor de fierbere, adică ceea ce numim astăzi respectiv „tonometria" (singurul termen reținut de către Raoult pentru cele două cazuri) și „ebulioscopia". Raoult a arătat legătura teoretică foarte strînsă care există între cele două metode și a elaborat — mereu cu aceeași meticulozitate — legile care îi poartă numele. În ebulioscopie există și o „ridicare moleculară", bine determinată, dată și ea de formula lui Van't Hoff, cu condiția să se ia pentru T temperatura absolută de fierbere, iar pentru W căldura latentă de vaporizare. În legătură cu tonometria, Raoult demonstrează că „coborîrea relativă" a tensiunii de vapori (adică raportul dintre coborîrea propriu-zisă și tensiunea de vapori a solventului pur) este egală cu raportul dintre numărul moleculelor corpului dizolvat și numărul total al moleculelor, atît ale solventului, cît și ale corpului dizolvat. Raoult propunea ca aceste legi să fie folosite la determinarea greutăților moleculare...

F. CONDUCȚIA TERMICĂ

Atunci cînd o tijă metalică de secțiune S nu are o temperatură uniformă, temperatura T dintr-un punct este — în sens matematic — funcție continuă de abscisa x măsurată de-a lungul tijei. Este ușor de văzut că această funcție trebuie să admită o derivată dT/dx care — cu semnul schimbat — este ceea ce se numește „gradientul de temperatură". Pe de altă parte, căldura este transmisă de tijă de la extremitatea mai caldă înspre extremitatea mai rece, adică în sensul în care dT/dx este negativ (iar gradientul pozitiv). Dacă temperatura nu variază prea repede, se poate admite că căldura care traversează o secțiune dată a tijei (de suprafață S) într-un timp foarte scurt dt este proporțională cu S, cu gradientul de temperatură și cu dt. Factorul de proporționalitate este conductivitatea termică (sau calorică).

Legea conducției termice a fost stabilită în 1804 de către J. -B. Biot și apoi, în 1807 și 1811, sub forma ei definitivă, de către Fourier, pe baza legii de mai sus. Avem de-a face în acest caz cu o teorie pur formală, deosebit de importantă din punctul de vedere al analizei matematice, chiar dacă nu ar fi să luăm în considerație decît introducerea prin ea a seriei Fourier și a integralei Fourier, care joacă un rol fundamental în teoria tuturor fenomenelor ondulatorii.

Legătura existentă între conducția termică și conducția electrică a fost concretizată, în 1853, prin legea lui Wiedeman și Franz, conform căreia cele două conductivități se află într-un raport constant: corpurile bune conducătoare de electricitate sînt în același timp și corpuri bune conducătoare de căldură.

Interpretarea acestei legi nu a putut fi făcută decît pe baza teoriei electronilor. Se poate spune, schematizînd, că dacă se admite existența în masa metalului a electronilor aproape liberi, atunci conducția electrică rezultă din transportul sarcinilor acestora, iar conducția termică din transportul energiei lor cinetice. Calculul dovedește că între cele două conductivități trebuie să existe, cel puțin într-o primă aproximație, un raport constant (proporțional, de altminteri, cu temperatura absolută). În realitate, acest raport trebuie să depindă, într-o formă complicată, de „parcursul liber mediu" al electronilor, despre care nu se știe mare lucru.

G. ENERGIA RADIANTĂ

Primele considerații în legătură cu existența unei radiații termice sînt datorate lui Scheele și Pictet. Însă Prévost a fost acela care a emis, în 1791, ideea fecundă că orice corp radiază energie, independent de mediul înconjurător și întocmai ca și cum acest mediu nu ar exista. Atunci cînd un corp *pare* că radiază, este din cauză că radiază mai mult decît primește, iar atunci cînd pare în echilibru cu mediul înconjurător este din cauză că radiază tot atîta energie cîtă primește. În fond, aceasta înseamnă înlocuirea unei noțiuni statice de echilibru printr-o noțiune dinamică, care dădea posibilitatea ca un corp care *absoarbe* căldură să fie tratat ca un corp care *emite* frig. Faptul acesta lasă să se întrevadă un raport strîns între emisia și absorbția radiației.

În 1801, oamenii de știință au început să-și dea seama de unitatea spectrului, adică să observe că radiația termică nu este distinctă de radiația vizibilă. Într-adevăr, în acest an W. Herschel a descoperit — deplasînd un termometru prin spectrul vizibil, dincolo de roșu — radiația numită mai tîrziu „infraroșie", care urma să fie identificată cu radiația termică despre care s-a vorbit mai sus. În 1803, de Saussure și Pictet au arătat că razele acestea obscure se reflectă și se refractă exact la fel ca lumina vizibilă. Începînd de atunci, studiul radiațiilor termice se transformă în studiul proprietăților termice ale radiației, luate în general. Devenit astfel o ramură a opticii, el va beneficia de toate progresele acestei științe.

LEGEA LUI KIRCHHOFF. A fost ceva firesc ca în cea de a doua jumătate a secolului al XIX-lea, după ce optica și termodinamica realizaseră progrese uriașe, cunoștințele dobîndite de aceste două științe în domeniul care le era comun, adică în domeniul radiației termice, să fie adunate într-un singur tot. Această îmbinare fericită s-a dovedit de o fecunditate extraordinară, fiindcă, pînă la urmă, ea a fost aceea care a condus la descoperirea cuantelor.

Toate aceste cercetări sînt dominate de numele lui Kirchhoff care, în 1859, a folosit în mod sistematic ideile lui Prévost despre care s-a vorbit mai sus. Iată principiul demonstrațiilor lui:

Dacă o mică placă de substanță primește un fascicul luminos de direcție dată și de intensitate I și dacă reprezentăm prin a *„puterea ei absorbantă"*, înseamnă că ea va absorbi în fiecare secundă energia aI. Dacă placa emite, tot într-o secundă și în direc-

ție opusă, o radiație de intensitate I', va trebui să scriem condiția de echilibru sub forma $I' = aI$ sau $I'/a = I$.

Să înlocuim acum placa precedentă printr-o altă placă avînd aceleași dimensiuni și plasată la fel, însă de natură diferită. Fie a_1 și I_1' puterea absorbantă și intensitatea emisă de această nouă placă: vom avea din nou $I_1'/a_1 = I$.

I este același în amîndouă cazurile, fiindcă reprezintă intensitatea incidentă. Putem trage concluzia că raportul I'/a trebuie să fie independent de natura plăcii considerate. Evident că I' poate fi înlocuit prin raportul dintre el și suprafața plăcii, adică prin energia emisă pe unitatea de suprafață.

Aceasta este calea pe care s-a ajuns la rezultatul fundamental că raportul dintre „puterea emisivă" și „puterea absorbantă" nu depinde de natura corpului emițător.

„RECEPTORUL INTEGRAL" SAU „CORPUL NEGRU". Această descoperire atribuie o importanță specială oricărui corp a cărui putere absordantă a ar fi — pentru orice lungime de undă, pentru orice direcție și pentru orice temperatură — egală cu unitatea. Un asemenea corp este desemnat cu numele de „corp negru" sau de „receptor integral". Kirchhoff a arătat că radiația corpului negru trebuie să fie aceea care se stabilește spontan în orice incintă vidă, închisă, impermeabilă la radiație și menținută la temperatură constantă.

Comparînd apoi radiația a două corpuri negre (aflate la aceeași temperatură) care radiază unul înspre altul, Kirchhoff demonstrează că intensitatea radiației emise într-o direcție dată trebuie să fie egală cu produsul dintre intensitatea emisă pe normală și cosinusul unghiului format de normală cu direcția radiației. Aceasta este „legea cosinusului", dedusă în 1760 de Lambert din măsurători experimentale. Memoriul lui Kirchhoff stabilește că legea lui Lambert nu este valabilă în mod riguros decît pentru corpul negru.

Kirchhoff arată, în fine, că atunci cînd corpul negru nu este plasat în vid, ci într-un mediu cu indicele de refracție n, *„puterea lui emisivă"* se multiplică prin n^2.

INVERSAREA LINIILOR SPECTRALE. O consecință destul de spectaculoasă a legii lui Kirchhoff constă în aceea că un corp emite de preferință lumina pentru care puterea lui absorbantă este maximă, adică lumina pe care el însuși este capabil să o absoarbă.

Se știe că introducînd puțină clorură de sodiu, de exemplu, în flacăra unui bec Bunsen, aceasta devine galbenă și prezintă — atunci cînd este examinată la spectroscop — o linie galbenă destul de strălucitoare. Avem deci de-a face cu o lumină pe care vaporii de clorură de sodiu sînt capabili să o emită și pe care, conform legii lui Kirchhoff, ei trebuie să fie capabili să o absoarbă, și încă puternic. Să facem deci să treacă un fascicul de lumină albă, de mare intensitate, prin această flacără. Pentru lungimile de undă apropiate, absorbția va fi neglijabilă, în timp ce pentru linia caracteristică absorbția va fi aproape totală. Desigur că va exista și lumina emisă de flacăra însăși, însă intensitatea ei va fi cu mult mai mică decît aceea a luminii absorbite, astfel că linia în chestiune se va prezenta întunecată pe un fond strălucitor.

Fenomenul acesta, denumit „inversarea liniilor spectrale", descoperit de Kirchhoff în colaborare cu Bunsen, era astfel perfect explicat. A căpătat în același timp o explicație și faptul, observat în 1817 de Fraunhofer, că liniile întunecate ale spectrului solar coincid cu liniile de emisiune ale unor gaze și vapori binecunoscuți. Această descoperire deschidea astfel o nouă cale în astrofizică.

Noțiunea de corp negru a părut multă vreme o simplă construcție imaginară, pînă în 1895, cînd Lummer și Wien s-au gîndit să practice un orificiu foarte mic într-o incintă închisă, menținută la temperatură constantă. De atunci încoace s-au putut face măsurători foarte precise ale radiației corpului negru.

LEGEA LUI STEFAN. Interpretînd o serie de măsurări făcute de alți fizicieni, J. Stefan (1835—1893) a enunțat legea care îi poartă numele (asociat adesea cu acela al lui Boltzmann), conform căreia energia totală emisă într-o secundă de un corp negru este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute a acestuia.

Bartoli — aplicînd principiile termodinamicii la radiația corpului negru — a demonstrat atunci că trebuie să existe o „presiune de radiație" și că legea lui Stefan impune ca această presiune să fie egală, pentru o radiație complet difuzată (cuprinzînd, adică, unde îndreptate în toate direcțiile), cu o treime din densitatea de energie a acestei radiații. Raționamentul calitativ al lui Bartoli poate fi prezentat schematic astfel:

Să închidem într-un corp de pompă de volum V o radiație neagră avînd energia totală wV, w fiind densitatea de energie care trebuie să *crească* cu temperatura (proporțional cu T^4, conform legii lui Stefan). Micșorînd volumul cu ajutorul unui piston reflectant, temperatura va trebui să crească, iar punînd corpul de pompă în comunicație cu o incintă aflată la o temperatură superioară temperaturii inițiale, însă inferioară temperaturii finale a corpului de pompă, energia va trebui să treacă în noua incintă. Aceasta ar da posibilitatea trecerii căldurii de la un corp rece la unul cald, ceea ce ar însemna violarea principiului lui Carnot. Pentru a restabili acordul, va trebui să admitem deci că, pentru micșorarea volumului, am furnizat un lucru mecanic care să învingă presiunea exercitată de radiație pe piston.

Or, Maxwell demonstrase în 1873 că teoria electromagnetică a luminii prevedea existența unei asemenea presiuni, a cărei origine este destul de ușor de înțeles.

Într-adevăr, unda electromagnetică este constituită dintr-un ansamblu de două cîmpuri, unul electric și unul magnetic, făcînd între ele un unghi drept și fiind amîndouă normale pe direcția de propagare (transversalitatea undelor). Să ne închipuim că o asemenea undă cade normal pe o placă metalică, de exemplu. Electronii care asigură conductivitatea electrică a metalului sînt puși în mișcare de către cîmpul electric, astfel că pot fi asimilați cu un curent a cărui direcție este aceea a cîmpului electric. Curentul acesta fiind supus cîmpului magnetic al undei, rezultă din legile electrodinamicii că atît el, cît și placa metalică, sînt supuși unei forțe al cărui sens, dat de regula burghiului, este acela al propagării luminii incidente. Fiindcă această forță este evident proporțională cu suprafața luminată, ea este echivalentă unei presiuni.

Calculul făcut de Maxwell arată că, în cazul unei unde normale pe placă, această presiune este egală cu densitatea energiei radiante. În cazul unei unde tangenţiale, presiunea este nulă, iar, în acela al unei radiaţii complet difuze, este egală cu o treime din densitatea de energie.

Boltzmann (1844—1906), folosind acest rezultat şi aplicînd, şi el, principiile termodinamicii, a arătat, în 1884, că rezultatul decurge în mod necesar din legea lui Stefan şi că această lege nu poate fi aplicată în mod riguros decît la radiaţia neagră.

LEGEA LUI WIEN. Legea lui Stefan se referă la energia totală a radiaţiei negre. Părea deci indicat să se stabilească cum se distribuie această energie între diferitele lungimi de undă, adică să se caute densitatea de energie ce putea fi atribuită ansamblului de frecvenţe apropiate de o valoare dată ν şi extinzîndu-se pe un mic interval $\delta\nu$, densitate care putea fi reprezentată prin $u_\nu \delta\nu$. Îmbinînd principiile termodinamicii cu principiul lui Doppler, aplicat presiunii radiaţiei negre, Wilhelm Wien (1864—1928), a obţinut, în 1893, rezultate de foarte mare importanţă.

Consideraţiile lui Wien, destul de greu de urmărit, ajung la următorul rezultat:

$$u_\nu = \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right), \text{ sau } f\left(\frac{\nu}{T}\right),$$

în care $f\left(\frac{\nu}{T}\right)$ este funcţie universală de raportul $\frac{\nu}{T}$.

Este uşor de văzut că această formulă implică legea lui Stefan. Ea arată însă, pe de altă parte, că este suficient să cunoaştem curba care îl reprezintă pe u_ν în funcţie de ν la o singură temperatură, pentru a putea trasa curba care corespunde unei alte temperaturi, aleasă arbitrar. Şi fiindcă experienţa arătase că această curbă prezintă un maxim pentru o anumită frecvenţă ν_m (variabilă cu T), s-a putut trage concluzia că $\nu_m/T = \text{const.}$, expresie care constituie „legea de deplasare“ a lui Wien.

Cu aceasta însă, tot ce putuse da termodinamica fusese epuizat. Pentru a determina forma analitică a funcţiei $f\left(\frac{\nu}{T}\right)$, oamenii de ştiinţă trebuiau să se adreseze altor considerente.

APLICAREA PRINCIPIULUI ECHIPARTIŢIEI ENERGIEI. Într-adevăr, J. Jeans — studiind din punct de vedere al teoriei electromagnetice a luminii sistemul de unde staţionare care se stabileşte datorită interferenţelor într-o incintă paralelipipedică cu pereţii perfect reflectanţi — demonstrase că ecuaţiile puteau fi puse într-o formă identică aceleia care reprezintă, în mecanică, ansamblul unui anumit număr de oscilatori armonici.

Numărul acestor oscilatori, a căror frecvenţă este, cu o aproximaţie $\delta\nu$, apropiată de ν, va fi în acest caz $\frac{8\pi\nu^2}{c^3} V\delta\nu$, în care c este viteza luminii, iar V volumul incintei.

Lordul Rayleigh (1842—1919) s-a gîndit atunci să aplice pentru rezolvarea acestei probleme raționamentele mecanicii statistice.

Fiecare oscilator trebuie să aibă în medie o energie kT (principiul echipartiției energiei). De aici rezultă legea repartiției spectrale, cunoscută sub numele de legea lui Rayleigh-Jeans:

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^2 kT}{C^3},$$

în care k reprezintă constanta lui Boltzmann, egală cu raportul dintre constanta gazelor și numărul lui Avogadro. Legea aceasta are într-adevăr forma impusă de formula generală a lui Wien. Pentru a se constata acest lucru este suficient să se scrie:

$$f\left(\frac{\nu}{T}\right) = \frac{8\pi k}{C^3}\,\frac{T}{\nu}.$$

Rezultă nemijlocit că formula găsită nu poate fi riguroasă, fiindcă ne-ar conduce să atribuim radiației negre o energie totală infinită! Pentru frecvențele mici (infraroșul îndepărtat), ea dă însă rezultate destul de conforme cu experiența.

Pentru a explica existența unui maxim în spectrul corpului negru, Wien, în 1896, și Planck, ceva mai tîrziu, au propus să se ia pentru $f\left(\frac{\nu}{T}\right)$ o funcție exponențială descrescătoare.

Ei au propus formula $u_\nu = C_1\nu^3 e^{-C_2\frac{\nu}{T}}$, în care C_1 și C_2 sînt constante care pot fi determinate cu ajutorul constantelor din legea lui Stefan și din legea de deplasare a lui Wien.

Formula aceasta a părut la început destul de satisfăcătoare. În 1899 însă, Lummer și Pringsheim au scos în evidență dezacorduri certe dintre ea și experiență. Cam prin aceeași vreme, Kurlbaum și Rubens au dovedit că pentru lungimi de undă foarte mari, legea exponențială nu se aplică, în timp ce legea lui Rayleigh-Jeans se aplică foarte exact.

NAȘTEREA TEORIEI CUANTELOR. Planck a avut atunci o inspirație genială: energia unui oscilator nu putea avea o valoare oarecare, așa cum presupunea implicit folosirea principiului echipartiției energiei, ci trebuia să fie un multiplu întreg al unei mărimi elementare ε sau al unei *cuante* de energie.

Această ipoteză l-a condus la o energie medie care, în loc de kT, trebuia să fie:

$$\frac{\varepsilon}{e^{\frac{\varepsilon}{kT}} - 1}$$

expresie care se reduce într-adevăr la kT, atunci cînd ε este foarte mic. Legea repartiției trebuia să fie deci:

$$u_\nu = \frac{8\pi\nu^2}{C^3}\,\frac{\varepsilon}{e^{\frac{\varepsilon}{kT}} - 1}$$

în care — pentru a se satisface formula lui Wien — trebuia să se ia $\varepsilon = h\nu$, h fiind o nouă constantă universală.

Lucrarea aceasta, de cea mai mare importanță, a fost prezentată la 14 decembrie 1900 Societății germane de fizică.

Cele două constante h și k, care figurează în această formulă, pot fi determinate cu ajutorul constantelor lui Stefan și Wien. Or, datorită faptului că constanta k a lui Boltzmann este egală cu raportul dintre constanta gazelor perfecte și numărul lui Avogadro, rezultă de aici un mijloc neașteptat pentru determinarea acestui număr. Rezultatul obținut era într-adevăr într-un acord foarte satisfăcător cu rezultatele date de alte metode bazate pe considerente complet diferite.

H. TEORIA CINETICĂ ȘI MECANICA STATISTICĂ

Dacă facem excepție de încercarea lui Daniel Bernoulli, despre care s-a vorbit mai înainte (a se vedea vol. II, p.546), noțiunea de „atom" a rămas multă vreme fără nici o legătură cu fizica. Concepțiile moderne despre atom și moleculă au fost elaborate de chimie, de la care fizica le-a preluat mai tîrziu.

De-abia în jurul anului 1850, atunci cînd ideea despre conservarea energiei căpătase o formă definitivă, oamenii de știință au început să se gîndească că căldura nu putea fi altceva decît manifestarea, la scara noastră, a agitației moleculare[2]. Experiențele lui Gay-Lussac și ale lui Joule, pe care le-am menționat mai înainte și care arătau că energia internă a gazelor perfecte nu depinde de volum, impuneau acceptarea ideii că forțele intermoleculare trebuiau să fie foarte mici în cazul gazelor. Aceasta l-a obligat pe Clausius să presupună, în 1857, că moleculele gazoase trebuiau să fie animate, între două șocuri, de o mișcare rectilinie și uniformă. Interpretarea legii lui Boyle-Mariotte și a aceleia a lui Gay-Lussac dădea în acest caz posibilitatea de a se calcula viteza moleculelor, presupusă a fi aceeași pentru toate moleculele. S-a găsit astfel, pentru hidrogenul la temperatura ordinară, o viteză de ordinul a 2000 km/s, valoare care părea enormă și incompatibiă cu încetineala difuziunii gazelor unele în altele și cu slaba lor conductivitate termică. Clausius a explicat însă, în 1858, că din cauza numărului foarte mare de șocuri pe care moleculele le suferă între ele, traiectoria acestora, compusă din segmente rectilinii, este foarte complicată și că, deși viteza lor este mare, distanța dintre două puncte ocupate de o aceeași moleculă la interval de o secundă poate fi foarte mică. În fenomenele de difuziune, de exemplu, elementul esențial este distanța dintre două șocuri sau „parcursul liber mediu". În 1859, Maxwell a reușit să exprime numeric „vîscozitatea gazelor" în funcție de acest parcurs liber mediu. În aceeași lucrare el s-a debarasat de ipoteza care atribuia o aceeași viteză tuturor moleculelor, formulînd „legea distribuției vitezelor".

Conform acestei legi, numărul moleculelor avînd o viteză ale cărei componente sînt egale — cu o aproximație dv_x, dv_y, dv_z — cu v_x, v_y, v_z, este proporțională cu $e^{-\mu(v^2x,\, v^2y,\, v^2z)}\, dv_x\, dv_y\, dv_z$ în care μ este o constantă depinzînd de natura moleculelor și de temperatură.

[2] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui G. Darmois, pp. 98—100.

Cu toate că a îmbunătățit-o mai tîrziu, demonstrația lui Maxwell nu este satisfăcătoare. În 1868, Boltzmann a dat o demonstrație corectă acestei legi, arătînd că exponentul trebuia luat egal cu $-\mu w$, în care μ este o constantă (diferită de precedenta), iar w energia totală a moleculei.

Folosirea acestei legi la interpretarea legii lui Boyle-Mariotte și a lui Gay-Lussac arată că constanta μ trebuie luată egală cu $1/kT$, în care T este temperatura absolută, iar k „constanta lui Boltzmann", despre care s-a vorbit mai sus.

Cunoașterea parcursului liber mediu, dedus din vîscozitate, și ipoteza că moleculele gazelor simple sînt niște sfere, al căror volum *real* este aproximativ acela ocupat de lichid, i-au permis, în 1865, lui Loschmidt să determine atît diametrul moleculelor și numărul lui Avogadro, cît și numărul moleculelor conținute într-o moleculă-gram (numit și numărul lui Loschmidt). El a demonstrat că diametrele moleculare trebuiau să fie de ordinul 10^{-8} cm (aproape 1 ångström), iar numărul lui Avogadro, de ordinul 10^{23}.

Demonstrația dată de Boltzmann legii de repartiție a lui Maxwell se aplica atît mișcărilor de translație (singurele luate în considerație de Maxwell în prima lui lucrare), cît și tuturor celorlalte mișcări posibile. Ea a permis demonstrarea „principiului echipartiției energiei", conform căruia energia cinetică se repartizează, în medie, în mod egal între fiecare grad de libertate și este egală cu $(1/2)kT$ pentru fiecare din aceste grade.

Să considerăm, pentru început, un gaz monoatomic, ale cărui molecule pot fi asimilate — fiecare din ele — cu o sferă. Fiecare moleculă are trei grade de libertate (fiindcă este suficient să cunoaștem cele trei coordonate ale centrului ei de greutate pentru a-i determina poziția), astfel că energia ei medie este egală cu $(3/2)kT$. Pentru o moleculă-gram, energia medie va fi $(3/2)NkT$ sau $(3/2)RT$, N fiind numărul lui Avogadro. Dacă acest gaz este încălzit cu 1°C la *volum constant*, întreaga lui energie trebuie furnizată sub formă de căldură (fiindcă nu există lucru mecanic), astfel că energia furnizată va fi $(3/2)R$. Aceasta înseamnă că căldura molară la volum constant C_V va trebui să fie egală cu $(3/2)R$. Cum, după formula lui Mayer, diferența $C_p - C_V$ este egală cu R (căldura și lucrul mecanic fiind măsurate în aceleași unități), înseamnă că $C_p = (5/2)R$ și că $C_p/C_V = 5/3 = 1{,}67$.

Pentru un gaz mai complex, dacă n este numărul gradelor de libertate ale fiecărei molecule, se va găsi, urmînd același raționament, că $C_p/C_V = (n + 2)/n$. Gazele biatomice, de exemplu, a căror moleculă trebuie considerată ca formată din două sfere legate rigid și care are deci cinci grade de libertate (fiindcă sînt necesari trei parametri pentru determinarea poziției unuia dintre atomi și alți doi pentru determinarea orientării liniei centrelor) vor trebui să prezinte un raport $C_p/C_V = (5 + 2)/5 = 1{,}4$.

Or, raportul acesta este ușor de determinat, fiindcă intervine, de exemplu, în expresia vitezei sunetului. De altfel, se știa foarte bine că pentru cea mai mare parte a gazelor simple, ca oxigenul sau azotul, el era efectiv egal cu 1,4.

Mergîndu-se și mai departe, s-a considerat că atomii unui corp solid, care execută în jurul poziției lor de echilibru vibrații armonice (la care energia cinetică și energia potențială medie sînt egale), trebuiau să aibă o energie totală de două ori mai mare decît aceea a unui gaz, adică egală cu kT pe fiecare grad de libertate.

Această ipoteză făcea să se atribuie oricărui corp simplu solid o căldură atomică egală cu $3R$ și, fiindcă R exprimat în calorii este aproape egal cu 2, însemna că această căldură atomică trebuia să fie egală cu 6. Regăsim astfel legea lui Dulong și Petit. Această lege nu permitea însă interpretarea variațiilor cu temperatura constatate în cazul solidelor și în acela al gazelor. Problemele acestea nu vor putea fi elucidate decît în secolul al XX-lea, odată cu dezvoltarea teoriei cuantelor.

Un aspect demn de a fi remarcat este acela că toate succesele teoriei cinetice s-au datorat în fond faptului că nu s-a încercat să se urmărească mișcarea individuală în timp a moleculelor, ci aceluia că s-au identificat toate mărimile măsurabile (ca de exemplu presiunea și temperatura) cu mediile lor. Aceste medii pot fi luate pe diferitele poziții ocupate în timp de o singură moleculă sau pe un număr mare de molecule la un moment dat. Identitatea mediilor astfel calculate constituie ceea ce se numește „teorema ergodică". Aspectul esențial care trebuie reținut este acela că aceste calcule pe medii introduc automat noțiunea de „probabilitate".

Datorită faptului că a introdus de la început această noțiune, J. Willard Gibbs (1839—1903) a avut posibilitatea să edifice mecanica statistică, mai puțin plastică poate decît metoda lui Boltzmann, dar care prezintă avantajul că poate fi aplicată și în alte domenii, nu numai la gaze[3]. Dacă sîntem în stare să concepem că se poate defini „probabilitatea de stare a unui sistem", nu avem de ce să fim surprinși că, în evoluția lui, un sistem izolat tinde, în general, spre stări din ce în ce mai probabile, adică de faptul că probabilitatea lui crește.

Făcînd o comparație între acest rezultat și teorema lui Clausius asupra creșterii entropiei, se ajunge la concluzia că între aceste două noțiuni trebuie să existe o legătură. Această legătură a fost stabilită de Boltzmann, în 1877: entropia este proporțională cu logaritmul probabilității, factorul de proporționalitate fiind, și de această dată, „constanta k a lui Boltzmann".

Este ușor, de altfel, să ne dăm seama că această legătură nu poate fi decît logaritmică, fiindcă — dacă luăm în considerație un sistem format prin suprapunerea altor două — entropia lui este suma entropiilor sistemelor componente, iar probabilitatea lui, produsul probabilităților acestor sisteme.

În fond, tocmai această legătură dintre probabilitate și entropie i-a dat lordului Rayleigh posibilitatea să abordeze — așa cum am văzut — problema repartiției spectrale a radiației corpului negru. Ea a stat, de asemenea, la baza raționamentelor lui Planck atunci cînd a introdus noțiunea de *cuantă* de energie.

Printr-un fel de efect invers, de neprevăzut, teoria cuantelor va reacționa intens, în decursul secolului al XX-lea, asupra dezvoltării mecanicii statistice, deschizîndu-i orizonturi nebănuite.

[3] Datorită lucrărilor lui Boltzmann și Gibbs, atomismul prezenta toate caracterele unei „mari teorii" care părea să se opună „termodinamicii". Din asta a rezultat lunga dispută dintre „atomiști" și „energetiști" (printre care trebuie citat W. Ostwald cu a sa „derută a atomismului").

CAPITOLUL VII

Dezvoltarea chimiei

A. APARIȚIA TEORIEI ATOMICE MODERNE

Delimitarea cronologică a secolului, impusă de planul general al expunerii, nu corespunde unei întreruperi în istoria chimiei. S-a crezut adesea că noua fază a acestei istorii începe cu primii ani ai secolului al XIX-lea. Aparențele justifică într-o oarecare măsură această părere; idei noi au apărut într-adevăr atunci și au avut consecințe considerabile asupra dezvoltării ulterioare a teoriilor. Faptele care par să fi sugerat aceste idei au fost descoperite de oameni noi, necunoscuți înainte de 1800.

Dacă se analizează însă mai îndeaproape perioada dintre 1801 și 1818, se vede că ea a fost consecința logică a marilor curente de gîndire și de căutare ale secolului al XVIII-lea, pe care le-a continuat. Pentru a o înțelege și pentru a o explica, este necesar să avem mereu în fața ochilor evenimentele științifice ale celor 30 de ani precedenți. În realitate, ea este aceea care a pregătit adevărata întrerupere, pe care o putem situa în jurul anilor 1818—1820.

Principalele idei puse în discuție și-au avut originea pe de o parte în ansamblul lucrărilor asupra afinității chimice, căreia descoperirea pilei electrice a lui Volta îi adusese un suflu nou, și, pe de altă parte, în noul sistem de chimie, datorat lui Lavoisier. Perspectivele pe care electrochimia le deschisese noțiunii de afinitate au încadrat și sprijinit noțiunile de raporturi proporționale și de proporții multiple între componenți, formulate încă din secolul al XVIII-lea, care și-au aflat înflorirea și confirmarea datorită teoriei atomice a lui Dalton. Descoperirea unor noi corpuri simple a condus la corectarea teoriei acizilor a lui Lavoisier și la precizarea cunoștințelor asupra compușilor bazici. După aceste retușări, sistemul lui Lavoisier și-a păstrat întreaga lui valoare pînă către sfîrșitul secolului al XIX-lea.

De aceea, dacă nu vrem să determinăm arbitrar o anumită perioadă a căutării științifice, ni se pare mai logic să considerăm intervalul de timp care se extinde între 1783 și 1818 ca un tot, decît să-l întrerupem, așa cum se procedează de obicei, la anul 1802.

Începutul acestei perioade a fost descris mai înainte, în volumul II al *Istoriei generale a științelor*. În decursul ultimilor 20 de ani ai secolului al XVIII-lea, activitatea chimiștilor a fost așa de intensă, încît expunerea simultană

a descoperirilor și a teoriilor este foarte dificilă. Cititorul nu va trebui să uite că faptele grupate — pentru claritatea expunerii — în jurul a cinci subiecte principale nu au încetat să exercite, unele asupra altora, o influență reciprocă.

1. Proprietățile gazelor

AMESTECURILE GAZOASE ȘI TEORIA LUI NEWTON. Mai multe lucrări asupra proprietăților fizice ale gazelor au avut o influență directă asupra constituirii teoriei atomilor.

Unele dintre ele sînt datorate englezului John Dalton care publicase, în 1792, un tratat de meteorologie. Începînd din 1801, Dalton a conceput mai multe ipoteze menite să pună de acord faptele, descoperite aproape 25 de ani mai înainte, cu teoria lui Newton. Conform acestei teorii, un fluid este constituit din particule. Densitatea fluidului fiind proporțională cu presiunea lui, repulsia care se exercită între particule este proporțională cu distanța dintre centrele particulelor. Era greu de înțeles cum putea fi aplicată această teorie la un amestec omogen de gaze diferite, cum este, de exemplu, aerul atmosferic. Newton nu se gîndise la această dificultate, fiindcă compoziția aerului atmosferic nu era cunoscută pe vremea lui. Pentru a o înlătura, Dalton, care admitea că atomii unor gaze diferite se deosebeau între ei, a presupus că repulsia nu se exercită decît între atomi asemănători. Mai tîrziu, el a admis că difuzia unui gaz în altul se face încet și că necesită o forță considerabilă, forța de repulsie fiind căldura de care sînt înconjurați atomii[1].

SOLUBILITATEA GAZELOR. La începutul anului 1803, William Henry a descoperit că există o relație între presiunea unui gaz și solubilitatea lui în apă. Dalton, care avusese cunoștință de lucrările lui Henry încă înainte ca ele să fi fost publicate, a văzut în descoperirea acestuia o confirmare a propriei lui teorii și de aceea, timp de un an, s-a ocupat cu stăruință de această problemă, stabilind că între distanțele dintre particulele gazelor aflate în stare gazoasă și în stare de soluție trebuie să existe un raport simplu. Acest raport urma să varieze de la gaz la gaz. El a prevăzut chiar că raportul ar varia cu densitatea gazelor, fără să se gîndească însă că ar fi putut exista vreo relație între densitate și compoziția atomică (sau moleculară) a gazelor, idee care n-a fost emisă decît mai tîrziu, de Avogadro și apoi de Ampère. Trecînd de la volume la greutăți, Dalton a fost obligat să stabilească un prim tabel de numere proporționale. Este posibil ca ideea greutăților atomice de natură chimică să nu-i fi venit decît în urma cercetărilor sale fizice, făcute după descoperirea legii lui Henry.

[1] John Dalton (1766—1844) a descoperit, în 1802, legea presiunilor parțiale în amestecurile de gaze; legea absorbțiilor parțiale ale gazelor în lichide (1803); legea tensiunilor de vapori (1804); legea proporțiilor multiple în 1807 ș.a. — *C.G.M.*

NUMERE PROPORȚIONALE DE PARTICULE. Era data de 6 septembrie 1803 cînd Dalton a înscris în carnetul său de note primele simboluri de elemente, simboluri care implicau o teorie a atomilor. După cum vom vedea însă mai departe, el nu a elaborat cu adevărat această teorie decît în decursul anilor următori.

Începînd din 1804, el a imaginat o a doua teorie fizică, destinată să pună de acord teoria lui Newton cu coexistența unor gaze diferite într-un mediu omogen. Conform acestei teorii, particulele de gaz erau constituite dintr-un atom solid înconjurat de o atmosferă de căldură. Noțiunea de dimensiune a particulelor i-a dat posibilitatea să-și consolideze concepția asupra raportului dintre numerele de particule de diferite gaze, conținute într-un același volum. Făcînd legătura cu noțiunea de greutate a particulelor, el a început atunci să elaboreze teoria atomică care nu urma să vadă însă lumina zilei înainte de anul 1805.

LEGEA RAPORTURILOR VOLUMETRICE. Alte lucrări importante asupra gazelor au fost făcute în aceeași perioadă de către Gay-Lussac[2]. Tînărul savant prezentase, încă din 1802, la Institut de France, un memoriu asupra dilatării gazelor, iar, în 1805, a făcut, împreună cu Alexander von Humboldt, cercetări eudiometrice asupra compoziției apei. A căutat să stabilească apoi, pentru mai multe corpuri, în ce proporții volumetrice se formează combinațiile gazoase. Lucrările pe care le-a făcut în continuare i-au permis să formuleze, în 1808, o lege foarte importantă conform căreia gazele se combină între ele în raporturi volumetrice simple: atunci cînd reacția se produce cu contracție de volum, raportul dintre volumul obținut și cel al componenților este întotdeauna simplu și întreg.

IPOTEZA AVOGADRO-AMPÈRE. Principalul rezultat al acestei legi a fost obținut de Amedeo Avogadro în 1811 și apoi, în 1814, de Ampère, care nu cunoștea memoriul chimistului italian. Într-adevăr, bazîndu-se pe legea lui Gay-Lussac, Avogadro a stabilit că raportul volumelor implica un raport al cantităților de substanță care „păreau că nu pot depinde decît de numărul relativ al moleculelor care se combină și de cel al moleculelor care rezultă din combinație". În concluzie, Avogadro formula ipoteza că un volum determinat dintr-un gaz oarecare conține întotdeauna același număr de molecule „integrante". Aceste molecule erau formate, la rîndul lor, din molecule „elementare". Această distincție era necesară datorită faptului că între volumul componentelor și cel al compușilor gazoși respectivi exista întotdeauna un raport simplu. Ea corespundea unei realități fizice, a cărei semnificație nu a fost înțe-

[2] J. Louis Gay-Lussac (1778—1850), în afară de legea raporturilor volumetrice la combinarea substanțelor gazoase (la presiune constantă sau la volum constant), și de stabilirea faptului că coeficientul de dilatare a gazelor (=1/273) este o constantă pentru toate gazele, a adus și multe alte contribuții, printre care și unele privind dezvoltarea chimiei aplicate. Printre cele mai importante contribuții practice imediat aplicate, citățm recuperarea produselor nitroase la fabricile de acid sulfuric prin procedeul camerelor de plumb, în care scop a prevăzut turnul de recuperare ce-i poartă numele. *C.G.M.*

leasă cum trebuie decît spre sfîrşitul secolului al XIX-lea. Ipoteza lui Avogadro mai arăta, în afară de aceasta, că între densitatea unui gaz şi numărul moleculelor acestuia, conţinute într-un volum determinat, exista un raport fix[3].

Deşi pusă într-o altă formă şi folosind termeni diferiţi, teoria formulată de Ampère este totuşi identică cu aceea a lui Avogadro. Plecînd de la ideea existenţei forţelor de atracţie şi de respingere, Ampère presupunea că corpurile sînt formate din particule constituite din reunirea mai multor molecule. Forma particulelor este cu totul indiferentă: ceea ce are importanţă este doar numărul şi distanţele lor reciproce în masa corpurilor gazoase. Ampère a admis şi el existenţa unui raport între numărul particulelor şi volumul gazului. El a analizat compoziţia gazelor cunoscute şi legea lui Gay-Lussac, pentru ca să tragă concluzia că „particulele" de oxigen, azot sau hidrogen sînt formate din patru „molecule" şi că particulele de vapori de apă, de exemplu, sînt formate din şase molecule, patru de hidrogen şi două de oxigen. Teoria lui Avogadro-Ampère definea astfel — pentru gaze — ceea ce au fost numite mai tîrziu volumele moleculare şi greutăţile (masele) moleculare. În afară de aceasta, ea exprima cu claritate deosebirea dintre atomi şi molecule, aşa cum a fost ea admisă către sfîrşitul secolului al XIX-lea.

Astfel, în zece ani, ansamblul de lucrări asupra gazelor dăduse savanţilor posibilitatea să formuleze principalele noţiuni pe care urma să se reazeme mai tîrziu teoria atomică. Alte studii, făcute asupra raportului dintre componentele corpurilor solide şi lichide, au adus şi ele, în acelaşi interval de timp, rezultate de un folos la fel de mare.

2. Discuţia asupra proporţiilor definite

Una dintre cele mai mari opere privind domeniul chimiei de la începutul secolului al XIX-lea a fost *Essai de statique chimique* publicată de Berthollet în 1803. Această carte, dificilă de citit, n-a exercitat o prea mare influenţă asupra chimiştilor timpului ei. Cu toate acestsa, multe din ideile expuse într-însa au fost recunoscute mai tîrziu ca fundamentale.

LEGILE LUI BERTHOLLET. Autorul a reflectat asupra acestor idei în timpul campaniei din Egipt, unde l-a însoţit pe Bonaparte. Încă din 1801, Berthollet[4] a început să-şi expună concepţiile în faţa Institutului. Ele erau inspirate din îndelungatele lucrări asupra afinităţii chimice pe care le făcuse în secolul precedent. Berthollet, şi ca mulţi dintre contemporanii lui, nu avea însă

[3] Ipoteza lui Avogadro, considerată azi ca o lege naturală, explică foarte clar legea volumelor lui Gay-Lussac, dar ea nu a fost acceptată de toţi decît mult mai tîrziu, în a doua jumătate a secolului al XIX-lea. *C.G.M.*

[4] Claude Louis Berthollet (1748—1822), pe lîngă cele arătate în text, are şi o serie de contribuţii practice, cum sînt: descoperirea proprietăţii decolorante a clorului aplicată la albirea celulozei şi a textilelor; purificarea apei cu ajutorul cărbunilor ş.a. — *C.G.M.*

cunoștință de lucrările publicate de Richter, lucrări despre care nu a aflat decît de la Fischer, traducătorul în germană al lucrării sale. Poate că dacă ar fi știut de ele cu cîțiva ani mai devreme, și-ar fi schimbat anumite concepții și nu s-ar mai fi opus principiului proporțiilor definite.

Cele două noțiuni principale enunțate de Berthollet păreau să decurgă una din alta. Prima dintre ele nega afinității orice valoare proprie; ea anihila principiul pe baza căruia fuseseră întocmite numeroase tabele timp de trei sferturi de secol. Substituirile în compuși nu se fac în mod absolut, iar ordinea lor poate fi perturbată în funcție de condițiile reacției. Cantitatea de substanță folosită, timpul și temperatura pot modifica proporțiile repartizării componentelor și chiar sensul reacției.

Se pare că Berthollet credea că reacția chimică se desfășoară în două faze: în prima fază corpurile prezente se descompun, iar în cea de-a doua se formează compușii noi. O dată cu noțiunea de timp, intervine, pentru prima dată, și noțiunea — așa de importantă — de masă chimică. De asemenea, Berthollet își dădea foarte bine seama că acțiunea chimică scade în intensitate pe măsură ce se produce saturația. Chiar dacă n-a exprimat explicit noțiunea de echilibru chimic, a bănuit-o.

Din cele de mai sus decurg celelalte teoreme, care au format mai tîrziu celebrele legi ale lui Berthollet: echilibrul mediului este distrus atunci cînd unul din corpuri este eliminat, pe măsură ce se formează, prin precipitare sau prin volatilizare. Atunci cînd se folosesc două soluții de săruri, acizii se împart între baze, iar bazele între acizi. Dacă una din cele patru săruri astfel formate este insolubilă, proporțiile repartiției se modifică pînă cînd unul din elemente dispare complet; acesta antrenează însă cantitatea necesară ca să-l satureze cu elementul care se unește cu el pentru a forma o sare insolubilă.

Distincția dintre fenomenele fizice (de exemplu amestecarea sau dizolvarea în apă) și reacțiile chimice (de exemplu saturarea unei baze de către un acid) nu era încă perfect stabilită. Confuzia dintre aceste două categorii de fenomene l-a făcut pe Berthollet să ajungă — pe baza principiilor lui — la convingerea că, într-un compus determinat, proporția componenților variază după condițiile reacției care dă naștere compusului.

CONTROVERSA DINTRE BERTHOLLET ȘI PROUST. Cam în aceeași vreme, chimistul Joseph L. Proust[5] făcea experiențe asupra unui mare număr de compuși metalici. Primele lui rezultate, publicate în 1799, se refereau la carbonatul de cupru, iar altele la sărurile sau oxizii mai multor metale. Din experiențele lui, Proust a dedus o concepție contrară aceleia a lui Berthollet: compușii conțin proporții definite din constituenții lor. Între 1801 și 1808, între cei doi chimiști începu o controversă îndelungată, continuată public, dar în termeni politicoși, în legătură cu această temă. Berthollet încerca să susțină că formarea precipitatelor cu o compoziție fixă nu este decît un accident datorat insolubilității, care se opune variației continue a combinației.

[5] Joseph Louis Proust (1754—1826) a contribuit la fundamentarea și dezvoltarea analizei chimice pe cale umedă. — *C.G.M.*

El refuza chiar să tragă din legile lui Gay-Lussac concluziile care păreau să se impună. Pentru el, constanţa proporţiilor volumetrice ale gazelor nu era decît un efect al condensării, adică al micşorării volumului. Proust răspundea de fiecare dată prin noi experienţe, care confirmau vederile sale simple şi clare. Pînă la sfirşit Berthollet nu a reuşit să-i cîştige pe savanţi de partea lui, astfel că legea lui Proust, care nu era decît o generalizare a lucrărilor lui Wenzel şi ale lui Richter într-o formă mai puţin complexă, a fost admisă în scurtă vreme[6].

3. Atomi, molecule, echivalenţi

De la începuturile gîndirii ştiinţifice şi pînă în primii ani ai secolului al XIX-lea, noţiunea de atom a rămas permanent o concepţie metafizică, fără să fi ajutat într-un fel oarecare la progresul cunoaşterii ştiinţifice. În decursul secolului al XVIII-lea, acei ce făcuseră cercetări asupra afinităţii chimice ajunseseră la două rezultate importante. Primul era acela că au făcut să se admită, fără posibilitate de revenire, că materia are o compoziţie corpusculară, iar al doilea, dovada că corpurile simple nu se pot combina decît în proporţii constante, pentru a forma compuşii chimici cunoscuţi. În felul acesta erau întrunite condiţiile necesare pentru ca noţiunea de atom să poată fi formulată în termeni ştiinţifici şi ca să devină o ipoteză fecundă.

JOHN DALTON. Meritul de a fi formulat această celebră teorie, poate cea mai importantă din istoria chimiei, îi revine fără nici o îndoială lui John Dalton.

Savantul englez ar fi rămas poate la modesta sa carieră de profesor, dacă n-ar fi avut această intuiţie genială. S-a născut la 6 septembrie 1766 la Eaglesfield (Cumberland). Autodidact, a început foarte de tînăr să predea lecţii, continuîndu-şi în acelaşi timp studiile. În 1793 s-a stabilit la Manchester, unde a trăit dînd lecţii particulare şi făcînd mici lucrări de analiză. De acolo se ducea în marile oraşe engleze pentru ca să ţină conferinţe şi să predea cursuri, fapt care l-a pus în legătură cu cei mai însemnaţi savanţi britanici. Dalton şi-a continuat această existenţă independentă şi strîmtorată, care îi plăcea, chiar şi după ce lucrările lui îl făcuseră celebru. A murit la 27 iulie 1844.

Este greu de ştiut cum de a încolţit în mintea lui Dalton teoria atomică. Principalele mărturii ale contemporanilor săi, ale lui însuşi, ale lui Thomas Thomson şi ale lui William Henry, sînt contradictorii şi s-au dovedit eronate. Ceva mai mult, caietele de note ale lui Dalton au fost distruse în cursul celui de-al doilea război mondial. Ceea ce ne-a rămas nu sînt decît nişte studii frag-

[6] În legătură cu controversa dintre Berthollet şi Proust trebuie arătat că, în secolul următor, N.S. Kurnakov (1860—1941) a iniţiat şi dezvoltat analiza fizico-chimică utilizată azi peste tot. Studiind aliajele, el a descoperit, printre altele, compuşii chimici a căror compoziţie poate varia în limite destul de largi. Acest fel de compuşi au fost numiţi, de Kurnakov, *bertholide* (după numele lui Berthollet, care admitea existenţa lor), iar pentru compuşii obişnuiţi, cu compoziţie definită (Proust, Dalton), a propus numirea de *daltonide*, numiri ce astăzi sînt incluse în nomenclatura chimică. — *C.G.M.*

mentare ale acestor documente, care nu ne dau posibilitatea să reîncepem cercetări aprofundate.

Cel mai important document datat este constituit de tabelul de raporturi, notat de Dalton la 6 septembrie 1803, despre care s-a vorbit mai sus. După cum s-a văzut, era vorba de raporturi fizice care, după interpretarea unui comentator recent, Leonard K. Nash, l-au orientat poate pe Dalton către teoria atomilor chimici. Pare foarte probabil că el nu ajunsese să stăpînească ansamblul teoriei sale chimice înainte de jumătatea anului 1804. Memoriile pe care le prezentase înainte de această dată nu au fost publicate decît în 1805 și — după un procedeu foarte răspîndit pe atunci — Dalton le completase înainte de a le da la tipărit. Prima expunere a teoriei lui a fost făcută în realitate de către Thomas Thomson, în 1807, în lucrarea sa *System of Chemistry*.

Discuția asupra datei la care a fost concepută teoria atomică nu se face decît asupra unei perioade relativ scurte. Cu toate acestea, atunci cînd este vorba de stabilirea modului în care a conceput Dalton această teorie, un interval de cîțiva ani are o foarte mare importanță. S-a afirmat, rînd pe rînd, că s-a inspirat din lucrările lui Richter, că făcuse experiențe pe primele hidrocarburi cunoscute sau pe oxizii azotului și, în fine, că fusese condus la această descoperire de cercetările sale asupra solubilității gazelor. Examinarea critică a documentelor ne dă posibilitatea fie să demonstrăm imposibilitatea acestor supoziții, fie — cel puțin — să înlăturăm o incertitudine.

IPOTEZA ATOMICĂ. Dalton și-a expus în întregime ipoteza atomică în marea lucrare *New System of Chemical Philosophy*, al cărei prim volum a apărut în 1808, iar cel de-al treilea de-abia în 1827. Ideile lui principale erau următoarele:

„Din raportul greutăților aflate în masa compusului se pot deduce greutățile relative ale particulelor ultime, sau ale atomilor corpurilor; în alte combinații, greutatea și numărul acestor atomi se vor manifesta cu aceste valori".

Combinațiile se fac atom cu atom și se realizează în modul cel mai simplu. Atunci cînd două corpuri se unesc pentru a forma un singur compus, acesta este „binar", adică nu conține decît doi atomi (sau două numere de atomi al căror raport este egal cu 1). În cazul cînd aceste corpuri pot forma doi compuși diferiți, unul este binar, iar celălalt ternar. În cazul a trei compuși, unul este binar, iar ceilalți doi ternari. În fine, greutatea relativă a fiecărui atom (adică ceea ce se va numi mai tîrziu greutatea atomică) diferă de la atom la atom. Această din urmă idee era nouă, deși decurgea din lucrările lui Richter. În nici una din cercetările asupra afinității chimice, în special în nici una din lucrările lui Higgins (care a fost considerat pe nedrept ca un precursor al lui Dalton), n-a fost formulată ideea că fiecare element intră în combinație cu o greutate proporțională care îi este proprie. Această concepție, extrem de fecundă, urma să fie confirmată în mod repetat pînă în timpurile noastre.

Dalton a publicat un tabel de greutăți relative (sau de greutăți atomice) pentru 20 de elemente și pentru mai mulți compuși. Fiindcă hidrogenul avea

o greutate atomică egală cu 1, greutatea atomică a azotului și a carbonului era egală cu 5, aceea a oxigenului cu 7 etc. Vaporii de apă, amoniacul și gazul nitors, considerate fiecare ca binare, aveau greutăți relative egale cu 8,6 respectiv 12.

ECHIVALENȚII CHIMICI. Termenul de echivalent a fost sugerat, în 1914, de chimistul englez William Wollaston (1766—1828), care a calculat un alt tabel avînd la bază oxigenul egal cu 10. Numerele din acest tabel difereau deci ca mărime de cele din tabelul lui Dalton, chiar dacă se făcea abstracție de diferențele dintre rezultatele analitice propriu-zise. Deși tabelul lui Wollaston n-a fost utilizat mai mult decît cel al lui Dalton, totuși cuvîntul „echivalent" a fost adoptat de majoritatea chimiștilor, fiindcă prezenta avantajul de a nu implica existența atomilor. Cei mai de frunte chimiști, dintre care vom cita pe Berthollet și Davy, nu au recunoscut în întregime ipoteza lui Dalton.

De fapt, termenii atom, moleculă și echivalent erau acceptați într-un sens identic. De-abia mai tîrziu, controversele asupra termenilor și asupra tabelelor au căpătat o întorsătură mai aprinsă. Aceasta s-a întîmplat mai ales în Franța unde, sub influența pozitivismului, controversele puneau în joc principii filozofice. Vom reveni asupra acestei probleme și, în special, asupra sistemului de echivalenți publicat în 1817 de Berzelius.

4. Electrochimia

Inventarea pilei electrice a pus la dispoziția chimiștilor un instrument viguros de investigație, care a fost folosit la început într-un mod destul de imprecis. Chimiștii și fizicienii se lăsau conduși de o singură idee, aceea că forțele de afinitate puteau fi confundate cu forțele electrice și de aceea, înainte de a fi găsit o cale de acces la problemă,au trebuit să dibuie o bucată de vreme. În toate țările, un număr mare de experimentatori încercau să descompună apa. Formarea produselor secundare crea însă o oarecare confuzie asupra rezultatelor obținute. Printre toate aceste lucrări, cele ale chimiștilor suedezi Hisinger și Berzelius, care au arătat că curentul pilei descompunea soluțiile saline, au servit de călăuză lui Davy în efectuarea primelor sale cercetări.

HUMPHRY DAVY. Humphry Davy s-a născut la Penzance (Cornwall) în 1778. Spre deosebire de compatriotul său Dalton, el a făcut o carieră strălucită în diferite instituții științifice, la a căror faimă a contribuit prin importanța lucrărilor sale. La vîrsta de 20 de ani a ajuns șef de laborator la un institut din Bristol, Pneumatic Institution, unde a făcut cercetări asupra gazelor, în special asupra protoxidului de azot. În 1801, a fost chemat la Londra ca să reorganizeze laboratoarele de la Royal Institution of Great Britain, instituție fundată cu trei ani mai înainte de către Benjamin Thomson în scopuri filantropice. Lucrările efectuate de Davy la această instituție i-au adus un mare renume, iar opera lui a lăsat o amprentă profundă asupra progresului chimiei și fizicii din primul sfert al secolului al XIX-lea. Marele savant englez a murit prematur, în 1829.

Davy a făcut electroliza potasei în plăci și a reușit să o descompună în 1807. El a descoperit astfel potasiul, și apoi sodiul. Anunțul acestei descoperiri a trezit un interes foarte mare. Chimistul german Seebeck a observat că produsele de descompunere ale baritei și ale stronțianitei aveau un aspect metalic. Un suedez, Tromsdorff, a preparat prin electroliză un amalgam de amoniac. Cîteva luni mai tîrziu, Davy, continuîndu-și crecetările, a început prin a izola bariul aliat cu fierul. Aflînd de la Berzelius și Pontin mijlocul de a folosi mercurul drept catod pentru culegerea produșilor de descompunere, el a reușit să izoleze rînd pe rînd bariul, stronțiul, calciul și magneziul. Alte minereuri, ca alumina, berilul și silicea, au rezistat încercărilor sale, însă Davy a bănuit prezența unui metal în compoziția lor.

REFORMA TEORIILOR LUI LAVOISIER. Această strălucită serie de descoperiri, făcută în cîteva luni, prelungea lista corpurilor simple. Dar, în afară de aceasta, ea punea la dispoziția experimentatorilor, prin metalele alcaline, agenți chimici, care au făcut posibilă — prin alte descoperiri — și pe aceea că clorul este un element simplu. Această idee s-a impus în urma diferitelor lucrări, executate între 1808 și 1810, ale lui Gay-Lussac și Thénard, pe de o parte, și ale lui Davy, pe de altă parte. Pînă atunci, sub influența teoriilor lui Lavoisier, clorul fusese considerat ca fiind compus din oxigen și dintr-un alt element necunoscut. Studiul acțiunii lui asupra litargăi, carbonului și, apoi, asupra potasiului a condus la rectificarea acestei erori, ceea ce a avut drept consecință schimbarea teoriei conform căreia toți acizii erau oxigenați. Aceeași teorie a mai fost infirmată și de descoperirea iodului, făcută în 1811 de un fabricant de salpetru numit Courtois. Studiat mai întîi de Clement, iodul nu a ajuns să fie bine cunoscut decît atunci cînd, către sfîrșitul anului 1813, Gay-Lussac și Davy s-au luat concomitent la întrecere în zelul lor de a-i descrie proprietățile.

REAPARIȚIA UNUI PRINCIPIU UNIVERSAL. Toate aceste noutăți alimentau meditațiile chimiștilor de pretutindeni. Rînd pe rînd au răsărit numeroase teorii care încercau să interpreteze natura noilor elemente și intervenția electricității în jocul afinităților. Unele dintre ele acordau hidrogenului și azotului un rol destul de curios, care reamintea pe acela deținut, înainte de vremea lui Lavoisier, de principiul universal: flogisticul. Timp de 30 de ani după lucrările celebrului chimist, multora dintre urmașii lui le venea foarte greu să considere drept simple niște elemente pe care însăși analiza le dovedea ca atare. Această reapariție, atît de tardivă, a unei filozofii învechite a materiei este un exemplu de obstacol care poate ține în loc progresul științei, exemplu cu atît mai remarcabil, cu cît această filozofie nu era opera unor chimiști de mîna a doua, ci a celor mai iluștri dintre ei.

FORȚE CHIMICE ȘI FORȚE ELECTRICE. Explicarea reacțiilor chimice prin forța electrică a precedat descoperirile lui Davy. Priestley propusese mai înainte asimilarea forțelor electrice cu cele chimice, iar ideea lui a fost reluată de germanii Winterl și Ritter. Acesta a fost primul care a observat în 1798

că metalele se așezau în aceeași ordine, fie că se lua în considerare ușurința lor de a se oxida, fie proprietățile lor electrice. În 1804, Oersted a publicat o teorie în care apărea, pentru prima dată, sub această formă, ideea a două forțe antagoniste, pretutindeni opuse. Aciditatea și alcalinitatea, oxidarea și reducerea, rezultau pentru el din surplusul uneia față de cealaltă. Exemplul pilei electrice îi servea ca să demonstreze că forțele chimice și forțele electrice sînt identice.

Cam prin aceeași vreme, Avogadro a formulat o teorie foarte apropiată de aceea a lui Oersted, însă mai generală. Davy împărtășea și el idei asemănătoare. Avogadro lua în considerare două proprietăți comune tuturor corpurilor: oxigenicitatea și oxidabilitatea (una micșorîndu-se atunci cînd cealaltă crește) și a întocmit o clasificare a corpurilor care coincidea cu aceea obținută pe baza metodei electrice.

J.J. BERZELIUS. Reluînd toate aceste idei, Berzelius a creat un sistem care a influențat întreaga istorie a chimiei pînă la sfîrșitul secolului al XIX-lea. Născut în 1779, la Wafersund (Suedia), Jöns Jacob Berzelius a făcut studii de medicină. În 1807 a fost numit profesor la Stockholm, unde a trăit tot restul vieții. În 1832, a fost scutit de orice obligație didactică astfel că a putut să-și consacre tot timpul cercetărilor și laboratorului său personal. Numeroși chimiști — mai ales germani — au venit să-și desăvîrșească studiile în acest laborator unde, o dată cu formația experimentală, au prins un mare respect pentru ideile maestrului. Prin influența laboratorului său, prin numeroasele sale publicații, prin călătoriile și prin corespondența lui, Berzelius a îndrumat modul de gîndire științific din Europa timp de un sfert de secol. Dar influența lui s-a prelungit încă mult timp după moartea sa, survenită pe neașteptate în 1848.

Sistemul lui Berzelius se baza pe ideea că cea mai mică părticică a unui corp simplu este înzestrată cu o polaritate electrică. La poli însă, electricitățile de cele două semne nu au forțe de valoare egală. De aceea, fiecare corp are un caracter electropozitiv sau electronegativ. Gradul de afinitate și unirea corpurilor simple între ele depind de această polaritate. Reacțiile chimice sînt însoțite de reacții electrice. Teoria aceasta a fost cunoscută pînă la începutul secolului nostru sub numele de teoria dualistă, fiindcă, după ea, toți compușii sînt constituiți dintr-un element (sau dintr-un grup) electropozitiv și din altul electronegativ. Pentru cea mai mare parte a compușilor minerali, electroliza arăta clar că lucrurile stăteau așa. Și totuși, unele din ele, ca de pildă oxizii, erau lipsite de polaritate: Berzelius le-a numit corpuri neutre. După cum vom vedea mai departe, teoria dualistă urma să fie infirmată de dezvoltarea chimiei organice.

5. Notația simbolică

Îndată după ce a fost formulată, teoria dualistă și-a găsit un mod de scriere datorită notației simbolice publicată de Berzelius în 1818. Se știe că vechile simboluri chimice, căzute de mult în desuetudine, fuseseră repuse la loc de

cinste de chimiștii secolului al XVIII-lea cu ocazia întocmirii tabelelor de afinități. Lavoisier s-a folosit de ele în mai multe rînduri pentru a scrie primele ecuații chimice întîlnite în literatura științifică, iar Bergman le-a utilizat la întocmirea tabelelor de afinități. După reforma nomenclaturii, Hassenfratz și Adet au publicat un sistem de simboluri relativ simple în care semnele elementelor se grupau pentru a reprezenta compușii. Totuși, acestor semne nu li se atribuise niciodată vreo greutate proporțională.

NOTAȚIA LUI DALTON. Dalton a fost acela care a imaginat prima reprezentare simbolică legată de sistemul atomilor și de tabelul său de greutăți atomice. Această reprezentare este remarcabilă prin simplitatea ei. Toate simbolurile sînt niște cercuri în interiorul cărora se află semne distinctive pentru fiecare element: un punct pentru hidrogen, o linie verticală pentru azot etc. Formula compușilor se scria suprapunînd atîtea simboluri cîți atomi din fiecare element intrau în compoziția lor. Reprezentările lui Dalton sugerau chiar o anumită structură moleculară, noțiune care nu va apărea decît după aproape o jumătate de secol de la moartea lui. Acest sistem este folosit în multe lucrări moderne pentru a face înțeleasă structura marilor molecule organice. Puțini dintre autorii actuali cunosc însă prioritatea lui Dalton, ale cărui semne nu au fost folosite de nici unul din contemporanii lui.

NOTAȚIA MODERNĂ. În afară de lucrările sale asupra polarității elementelor și compușilor, Berzelius a făcut și cercetări asupra compoziției ponderale a corpurilor chimice. El a regăsit și a făcut cunoscute lucrările lui Richter care căzuseră în uitare, a adoptat părerile lui Dalton asupra proporțiilor multiple și a abordat calculul unui nou tabel de echivalenți, raportați la oxigen = 100. S-a consacrat unor îndelungate lucrări de analiză pentru a determina proporțiile exacte ale diverselor elemente în compuși și raporturile în care elementele se combină. Drept simbol al fiecărui element el a ales prima literă a numelui elementului în latină, însoțită de o a doua literă, atunci cînd lucrul acesta era necesar pentru evitarea confuziilor. În fine, el a inventat folosirea în formule a exponenților numerici pentru a evita suprapunerea acelorași litere.

Așa s-a născut notația modernă care a intrat foarte repede în uz. Mineralogul francez Beudant a publicat o notație care folosea inițialele denumirilor elementelor în limba franceză. Toți chimiștii au fost însă destul de înțelepți pentru a înțelege că în cazul în care în acest domeniu s-ar fi manifestat amorul propriu național, s-ar fi exclus orice posibilitate de creare a unui sistem de scriere internațional al simbolurilor chimice. Notația lui Berzelius a devenit indispensabilă în special din momentul în care au început să se înmulțească lucrările de chimie organică. Savantul suedez n-a încetat să o îmbunătățească, însă toate modificările pe care i le-a adus n-au avut alt rezultat decît s-o facă mai greu de folosit. De aceea, aceste modificări au căzut în desuetudine.

În cei patruzeci de ani care trecuseră de la Lavoisier pînă la Berzelius, chimia se reînnoise complet. Debarasată, în sfîrșit, de toate obstacolele pe care le întîlnise în cele douăzeci de secole trecute, ea intra în etapa ei modernă.

B. ATOMI SAU ECHIVALENŢI CHIMICI

BERZELIUS: VOLUME ŞI GREUTĂŢI. Atunci cînd Berzelius a publicat *Essai sur la théorie des proportions chimiques*[7] (1818; traducere franceză în 1819) care prezenta — ca să spunem aşa — primul tabel complet de greutăţi atomice, savantul profesor suedez n-a omis nici una din datele experimentale pe care i le oferea ştiinţa timpului său. Cu o siguranţă remarcabilă, el stabilea o relaţie între legile ponderale şi legile gazelor, deşi acestea nu pot fi puse chiar aşa de uşor în acord.

Aşa după cum am văzut, Dalton a dedus greutăţile atomice ale oxigenului, sulfului, azotului, carbonului şi fosforului din compoziţia compuşilor hidrogenaţi ai acestor elemente: el a admis că *un atom* de hidrogen se uneşte cu *un singur atom* al unui alt element, iar în cazul cînd existau mai multe combinaţii cu hidrogenul, combinaţia mai puţin hidrogenată este aceea care va determina greutatea atomică.

Să luăm ca exemplu apa. După Berzelius, ea este compusă din 1 greutate de hidrogen (luată drept unitate) şi din 8 greutăţi de oxigen. Formula ei era deci OH (vom nota în treacăt că dacă s-ar fi luat în consideraţie compoziţia apei oxigenate, descoperită de-abia în 1818 de către Thénard, s-ar fi putut deduce că o unitate de hidrogen se poate combina cu oxigen avînd o greutate egală cu aceea a 16 unităţi de hidrogen). Experienţele eudiometrice arătau în schimb că un volum de oxigen se combină cu 2 volume de hidrogen ((pentru a da 2 volume de vapori de apă), ceea ce putea conduce la o altă formulă a apei: H_2O.

Să vedem acum cum pune de acord Berzelius aceste date:

„Comparînd între ele fenomenele cunoscute ale combinaţiilor de substanţe gazoase, descoperim aceleaşi legi ale proporţiilor constante ca şi cele pe care le-am descoperit de curînd în legătură cu proporţiile în greutate, ceea ce ne dă o posibilitate să ne reprezentăm corpurile care trebuie să se combine în stare gazoasă. Aş numi-o teoria volumelor, pentru a o deosebi de teoria corpusculară în care corpurile sînt reprezentate în stare solidă. Gradele de combinaţie sînt absolut aceleaşi în cele două teorii. Ceea ce în una din teorii este numit atom, în cealaltă se cheamă volum.

Mai mulţi savanţi şi-au exprimat îndoiala asupra identităţii atomilor şi volumelor. Cum cele două teorii nu sînt decît nişte moduri de reprezentare a elementelor care se combină, avînd scopul de a ne face să înţelegem mai bine fenomenele, fără să aibă pretenţia de a explica ceea ce se petrece în realitate în natură, ele pot fi considerate drept bune dacă cer cele mai simple explicaţii. Or, o teorie care ar considera atomul şi volumul drept nişte fracţiuni ale unuia din celălalt nu ar avea de loc această calitate. S-a admis, de exemplu, că apa este compusă dintr-un atom de oxigen şi dintr-un atom de hidrogen. Dar cum ea conţine două volume din acest din urmă gaz la un volum din cel dintîi, s-a tras concluzia că la hidrogen (şi în substanţele combustibile în general) volumul nu are decît jumătate din greutatea atomului, cînd de fapt la oxigen volumul şi atomul au

[7] Lucrarea este inclusă în *Lärbok i kemien* (Manual de chimie), vol. III, pe care a publicat-o în l. franceză, în 1819, ca lucrare aparte. — *N.R.*

aceeași greutate. Deoarece aceasta nu-i decît o presupunere gratuită, a cărei justeţe nu are cum să fie examinată, mi se pare mai simplu și mai conform cu aspectele reale să admitem același raport de greutate între volum și atom în corpurile combustibile ca și în oxigen, fiindcă nimic nu ne face să presupunem că între ele ar exista vreo diferenţă. Dacă considerăm apa ca fiind compusă din doi atomi de radical[8] și dintr-un atom de oxigen, teoria corpusculară şi cea a volumelor se confundă, astfel că singura diferenţă dintre ele nu mai constă decît în starea de agregare în care ele consideră corpurile".

Cu toate acestea, chiar dacă Berzelius nu a văzut nici o dificultate majoră în concilierea dintre teoria volumelor și teoria corpusculară — adică în această exprimare naivă a legilor ponderale — el s-a sprijinit mai ales pe acesta din urmă, fiindcă „teoria corpusculară are, față de teoria volumelor, avantajul de a fi mai extinsă". Această atitudine este cu atît mai ușor de înţeles, cu cît, în 1818, singurele elemente gazoase a căror existenţă o admitea Berzelius erau hidrogenul și oxigenul.

În timp ce pentru Dalton greutăţile atomice ale oxigenului, sulfului, azotului, carbonului și fosforului puteau fi deduse din compoziţia combinaţiilor pe care aceste corpuri le dădeau cu hidrogenul luat drept unitate, pentru Berzelius, cel care constituia elementul de referinţă (0 = 100) al proporţiilor lui chimice era oxigenul; greutăţile relative ale elementelor erau determinate după compoziţia oxizilor lor.

Ipoteza atomică, așa cum era concepută de către Berzelius în jurul anului 1818, punea de acord într-un mod prea superficial datele volumetrice și datele ponderale. Nu vor întîrzia să apară însă noi descoperiri și noi idei care vor ridica alte probleme și vor impune alte soluţii.

DULONG ȘI PETIT: CĂLDURA SPECIFICĂ A ELEMENTELOR. „Se făceau lucruri mari pe timpul acela", va spune Wurtz, evocînd istoria acestei epoci: anul 1819 a văzut apărînd două memorii de o importanţă capitală, cel al lui Dulong și Petit și cel al lui Mitscherlich.

Folosind rezultatele unei remarcabile serii de experienţe[9] și luînd drept unitate căldura specifică a apei, Dulong și Petit au observat că, în general, căldura specifică a elementelor este invers proporţională cu greutăţile lor atomice sau, cu alte cuvinte, după însăși expresia celor doi savanţi, „că atomii tuturor corpurilor simple au exact aceeași capacitate pentru căldură", sau că produsul dintre greutăţile atomice și căldurile specifice este o constantă.

Cu toate acestea, chiar ţinînd seama de impreciziile experimentale care afectau determinarea fiecăruia din cei doi factori ai produsului lor, Dulong și Petit fuseseră obligaţi, ca pentru a-și enunţa legea, să împartă prin doi, într-un anumit număr de cazuri, greutăţile atomice admise de Berzelius.

[8] Cuvîntul „radical" este luat aici în sensul dat de Lavoisier: porţiunea de substanţă care se combină cu oxigenul.

[9] A se vedea de asemenea, în legătură cu acest subiect studiul lui G. Allard (p. 281).

Această repunere în discuţie a anumitor proporţii chimice nu-i stingherea însă şi de aceea observau pe bună dreptate:

„Există întotdeauna ceva arbitrar în fixarea greutăţilor specifice ale moleculelor elementare (a greutăţilor atomice). Nedeterminarea nu se referă însă decît la cel mult două sau trei numere care se află între ele în raporturile cele mai simple".

MITSCHERLICH ŞI IZOMORFISMUL. Mitscherlich a arătat, la sfîrşitul anului 1819, că fosfaţii şi arseniaţii unui metal pot avea aceeaşi formă cristalină sau, cu alte cuvinte, că sărurile rezultînd din combinaţia unei singure baze cu acizi diferiţi sînt izomorfe[10]. Şi invers — plecînd de la un acelaşi acid şi de la baze diferite — pot fi obţinute săruri cu forme cristaline identice, ca de pildă carbonaţii de calciu, de fier, de zinc, de magneziu etc. N-avem oare dreptul ca în aceste cazuri, în care structurile cristaline sînt asemănătoare, să presupunem că există o înrudire chimică între materialele — interschimbabile — care constituie structurile respective, adică între atomi? Determinarea greutăţilor atomice nu poate să nu ţină seamă de aceste noi analogii. Într-adevăr, recunoaşterea izomorfismului dintre oxidul de fier şi oxidul de crom, de pildă, urma să aibă drept consecinţă revizuirea numerelor proporţionale atribuite pînă atunci acestor metale.

Berzelius a înţeles foarte bine importanţa acestor rezultate care i-au impus schimbări importante în sistemul de greutăţi atomice pe care îl stabilise în 1813. Totuşi, noul tabel de greutăţi atomice, pe care l-a publicat în 1826 (şi l-a reeditat în 1835), nu a fost adoptat în unanimitate de oamenii de ştiinţă. Un anumit număr de chimişti — şi nu dintre cei mai puţin importanţi — se mulţumeau cu proporţiile deduse numai din considerarea cantităţilor echivalente care intrau în combinaţie şi căutau să ignoreze relaţiile volumetrice de care Berzelius se silea, de bine, de rău, să ţină seama.

Prin introducerea *atomilor dubli*, Berzelius a făcut acestei puternice opoziţii o concesie care, prin caracterul ei artificial, a condus la accentuarea confuziei. De fapt, aceşti atomi dubli reprezentau ceea ce potrivnicii numeau „proporţia" sau „echivalentul". Scriind ~~H~~O pentru apă, ~~H~~~~Cl~~ pentru acidul clorhidric şi ~~H³~~~~Az~~ pentru amoniac, Berzelius continua să înţeleagă H_2O, H_2Cl_2, H_6Az_2, reamintind totuşi, datorită unui joc de semne tipografice, notaţia HO, HCl şi H_3Az a lui Gmelin şi a echivalentiştilor.

INTERPRETAREA LEGII LUI AVOGADRO-AMPÈRE. Acelora care refuzau să ia în consideraţie relaţiile volumetrice, Berzelius nu le putea opune decît o interpretare eronată a acestor date fundamentale, în special prin aceea că el considera că numai gazele simple, nu şi „atomii compuşi", urmează legea lui Avogadro-Ampère. Fiindcă în fond despre această lege era vorba. Numai o înţelegere corectă a acestei ipoteze geniale putea rezolva contradicţiile în care se zbăteau chimiştii anului 1825. Ştiinţa însă nu ajunsese deocamdată în acest stadiu.

Gazele şi vaporii — oricare ar fi natura lor — se dilată şi se contractă cu o aceeaşi cantitate, dacă sînt în aceleaşi condiţii de temperatură şi de presiune.

[10] A se vedea, de asemenea, în legătură cu acest subiect, studiul lui J. Orcel (pp. 366—368)

Pentru a explica efectele produse de forțele fizice, Avogadro a presupus că gazele și vaporii sînt constituite din particule așezate la distanțe egale, îndepărtîndu-se sau apropiindu-se cu aceeași cantitate sub acțiunea acelorași variații de temperatură și de presiune. Iar o dată ce există un raport simplu între volumul gazelor și numărul particulelor materiale pe care le conțin, atunci se poate admite că toate gazele conțin în același volum același număr de particule. Particulele acestea, însă, ce sînt ele în realitate?

Lucrurile se complicau în momentul în care chimistul căuta ca, în lumina ideilor sale, să înțeleagă ce se întîmplă atunci cînd gazele se combină, contractîndu-se, în măsură diferită, după reacțiile studiate.

Prin combinarea unui volum de hidrogen cu un volum de clor se obțin două volume de gaz clorhidric. Două particulele de clor și de hidrogen sînt atomi indivizibili, ele nu se pot combina decît una cîte una. În cazul acesta însă, după ce reacția s-a produs, particulele de gaz clorhidric din unitatea de volum vor fi de două ori mai puțin numeroase decît erau particulele gazelor componente, ceea ce contrazicea ipoteza inițială a lui Avogadro.

Tot așa, un volum de apă se formează plecînd de la o jumătate de volum de oxigen și dintr-un volum de hidrogen. Un volum echivalent de amoniac gaz se formează prin contractarea unui volum și jumătate de hidrogen și a unei jumătăți de volum de azot. Aceasta înseamnă, cu alte cuvinte, că materia conținută în unitatea de volum a unui gaz elementar, ca oxigenul, hidrogenul sau azotul, nu reprezintă ultimul grad de fragmentare la care ea poate ajunge, fiindcă în gazele compuse ea se divide din nou în două pentru a forma gaz clorhidric, apă sau amoniac, substanțe reprezentate prin același volum de referință.

Desigur că această dificultate nu era de netrecut: era suficient să se admită, împreună cu Avogadro și Ampère, că *moleculele integrante*, care există în număr egal în gaze sau în vaporii corpurilor simple, sînt compuse, ele însele, dintr-un anumit număr de *molecule elementare*. Aceasta ar fi însemnat să se facă distincția, astăzi clasică, dintre atom (molecula elementară) și moleculă (molecula integrantă). Schemele următoare (a se vedea fig. 8 și 9), propuse în jurul anului 1833 de Marc-Antoine Gaudin, ilustrează foarte clar formarea moleculelor

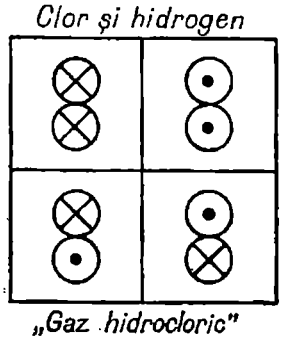


FIG. 8. SCHEMĂ REPREZENTÎND FORMAREA A DOUĂ MOLECULE DE ACID CLORHIDRIC (DUPĂ M.-A. GAUDIN).

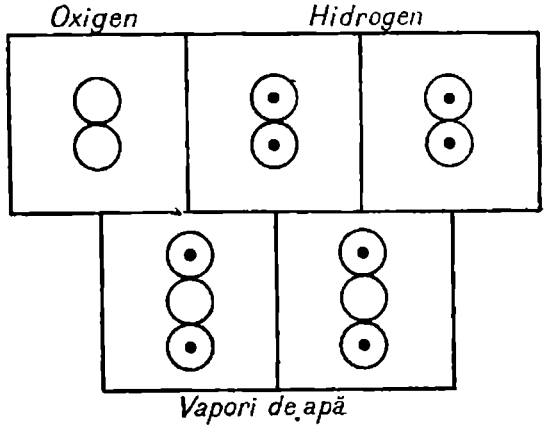


FIG. 9. FORMAREA A DOUĂ MOLECULE DE APĂ (DUPĂ M.-A. GAUDIN).

despre care s-a vorbit mai sus. Din nefericire, ideile lui Gaudin nu au fost înțelese. La drept vorbind, tocmai atunci se ivise o nouă dificultate, aceea a densităților anormale ale vaporilor[11].

DENSITATEA VAPORILOR ȘI GREUTĂȚILE ATOMICE. Să revenim ceva mai amănunțit la problema proporțiilor chimice. Dacă volume egale de gaz sau de vapori conțin același număr de molecule și dacă, deci, greutățile relative ale moleculelor sînt proporționale cu densitățile, atunci faptul acesta reprezintă un mijloc de determinare directă a greutăților atomice ale diferitelor elemente. În jurul anului 1826, Jean-Baptiste Dumas și Eilhard Mitscherlich abordaseră această problemă.

Berzelius, confundînd, în ipoteza lui Avogadro, noțiunea de atom cu aceea de moleculă, a crezut că moleculele elementelor conțin întotdeauna, în stare gazoasă, *doi* atomi. Aceasta este într-adevăr cazul cel mai general. Există însă și excepții importante. Știm astăzi că în timp ce în molecula de oxigen, de clor, de hidrogen, de sulf (la 800°C) etc. există doi atomi, în molecula de fosfor și de arsen sînt patru atomi, iar în molecula de mercur și de cadmiu, există unul singur.

În experiențele lui, J.-B. Dumas se împiedică de aceste neregularități neprevăzute. Legile ponderale dăduseră posibilitatea să se calculeze, de pildă,

[11] Stanislao Cannizzaro (1826—1910), chimist sicilian, profesor la Universitatea din Palermo, a demonstrat într-un mod convingător că regula lui Amedeo Avogadro este absolut generală. Densitatea gazelor sau vaporilor nu poate să dea decît greutățile moleculare relative. Cannizzaro a dat definiția perfectă, calitativ și cantitativ, pentru greutatea atomică și concepția exactă asupra *atomului-gram*, care n-a fost dată de nimeni pînă în 1858. De asemenea, Cannizzaro a tratat în modul cel mai complet și exact *teoria valenței* și modul de a stabili valențele atomilor, elementele putînd să prezinte valențe variabile pînă la patru sau și mai mult, după condițiile de experimentare.

Numai după publicarea lucrării sale, intitulată *Sunto di un corso di filozofia chimica* (Rezumatul unui curs de filozofie chimică), în „Nuovo Cimento" t. VII, p. 321 (1858) și alte lucrări, dar mai ales după expunerea ideilor sale în fața participanților la primul Congres internațional al chimiștilor, care a avut loc la Karlsruhe în 1860, regula lui A. Avogadro, lămuririle și completările date de Cannizzaro au fost acceptate din ce în ce mai mult de toți chimiștii și fizicienii.

Ideile lui Kékulé, Cannizzaro, Scott Cooper asupra valenței elementelor, concepția radicalilor și teoria tipurilor (Gerhardt-Laurent) au dus la stabilirea formulelor moleculare de structură (Butlerov).

După lucrările lui Cannizzaro, Van't Hoff a demonstrat că teoria lui Avogadro asupra gazelor poate fi extinsă și asupra soluțiilor diluate. În urma experiențelor lui Raoult, Ramsay, Beckmann și ale altora, concepțiile lui Arrhenius asupra disociației ionice a electroliților, disociația termică a multor combinații (H. Saint-Claire Deville ș.a.), au dus la elaborarea diferitelor metode experimentale pentru determinarea greutăților moleculare a substanțelor. De aici noi posibilități de control a greutăților atomice, bazate pe concepția de atom-gram formulată de Cannizzaro.

Adrian Ostrogovich (1870—1954), fost profesor de chimie generală la Universitatea din Cluj, a publicat lucrarea *Étude critique sur l'origine et le développement de la Théorie atomique-moléculaire et de la notation chimique qui en est l'expression symbolique* (Editura „Ardealul", Cluj, 1926—1927, 80 p.) în care, pe baza unei documentări exhaustive, a scos în evidență, în mod magistral, aportul teoretic și practic adus de către A. Avogadro, A.M. Ampère, S. Cannizzaro și alții care au contribuit la consolidarea teoriei atomo-moleculare cunoscută de noi azi. — *C.G.M.*

greutatea atomică a azotului și a fosforului, care țineau seama de analogiile lor chimice și se comportau în consecință. Însă faptul că, în stare gazoasă, primul era diatomic și cel de al doilea tetraatomic încurca cu totul ideile lui Dumas.

„Prin urmare, nu există nici o cale de mijloc, conchidea el. Sîntem nevoiți fie să renunțăm la cele mai remarcabile analogii ale chimiei..., fie să convenim că, la volum egal, fosforul, arsenul și azotul nu conțin același număr de atomi. (De fapt, ar fi fost suficient ca Dumas să constate acest fapt și să i se acomodeze.)

Ce ne mai rămîne — continua el — din ambițioasa incursiune pe care ne-am permis-o în domeniul atomilor? Nimic, sau cel puțin nimic folositor. Ceea ce ne rămîne este doar convingerea că chimia s-a rătăcit și, în acest caz, ca întotdeauna cînd, renunțînd la experiență, a încercat să meargă fără călăuză prin beznă. Bazîndu-vă pe experiență, veți regăsi echivalenții lui Wenzel... Veți căuta însă în zadar atomii, așa cum sînt aceia pe care a putut să-i inventeze imaginația noastră, acordînd acestui cuvînt (din nefericire consacrat de limbajul chimiștilor) o încredere pe care n-o merita... Dacă eu aș fi stăpînul, aș face să dispară cuvîntul atom din știință, fiindcă sînt convins că merge mai departe decît experiența..."

Influența precumpănitoare pe care o căpătase încă de pe timpul acela J.-B. Dumas imprima acestei luări de poziție o pondere cu totul specială.

Născut la Alès (Gard) în 1800, Dumas se dedicase mai întîi — în timpul unei șederi în Elveția — studiului fiziologiei. Revenit la Paris la vîrsta de 21 ani, el începu în curînd o carieră academică fulgerătoare. Cariera lui științifică activă a fost, de altminteri, relativ scurtă; de la instaurarea imperiului, în special, preocupările lui au fost dominate de politică. I se datorează cu toate acestea o operă științifică importantă din care cercetările asupra substituțiilor sînt, fără îndoială, cele mai frumoase și cele mai fecunde. A murit, în 1884, la Cannes, după ce-și consacrase ultima parte a vieții redactării de elogii academice.

Iată deci că în urma sfaturilor lui Dumas cuvîntul „atom" este înlăturat (cel puțin în mod provizoriu) din știință și iată-i pe chimiștii invitați să se mărginească la nivelul experienței celei mai pure. Trăim frumoasele zile ale echivalentismului, iar în fața unei realități, socotită inaccesibilă, limbajul (adică simbolismul chimiei) nu mai are decît o valoare cu totul relativă și convențională.

Acidul acetic este scris de Dumas $C_8H_8O_4$, iar de Liebig $C_4H_8O_4$.Or, într-un corp organic compus din carbon, oxigen și hidrogen contează nu numai raporturile ponderale dintre diferitele elemente care îl constituie, ci și mărimea moleculei, gradul ei de condensare ($C_4H_4O_8$, de exemplu, sau multiplii lui?). Pentru a înlătura această incertitudine capitală, chimiștii anului 1840 au acceptat, cu titlul indicativ, „să se refere la un volum gazos care putea să fie, față de volumul a 8 g oxigen (luat drept unitate), într-un raport fie de 2, fie de 4. Se admitea chiar că în stare de vapori, anumiți compuși puteau ocupa 6, 8 sau 12 volume.

GERHARDT ŞI REFORMA ECHIVALENŢILOR. Gerhardt a fost acela care în anul 1843, atunci cînd avea 27 ani, a dat acestor probleme impulsul unei rezolvări definitive. Lumina venea de astă dată de la chimia organică sau, mai degrabă, dintr-o confruntare magistrală a *tuturor* datelor culese, în diferitele ei domeni, de această ştiinţă în plină dezvoltare. Nu-i nici o îndoială că Gerhardt, împreună cu prietenul său Laurent, este chimistul care simbolizează cel mai bine această perioadă romantică a chimiei, o perioadă clocotitoare de idei şi de contradicţii. S-a născut la Strasbourg, în 1816. Influenţat la început de atotputernicul J.-B.Dumas, este numit în 1838 profesor la Montpellier. Însă temperamentul său impetuos şi îndrăzneala teoriilor sale nu erau sortite să-i înlesnească izbînzi universitare. Nu va fi promovat la Strasbourg, la o catedră unde mijloacele materiale să-i fie puse la dispoziţie cu mai puţină meschinărie, decît numai cu doi ani înainte de moartea lui, survenită în 1856. Omul acesta, dispărut la 40 de ani, a lăsat o urmă adîncă în chimia secolului său.

În *Précis de chimie organique* (1844), Gerhardt discerne „strania anomalie pe care chimiştii au introdus-o în notaţia formulelor".

„În chimia anorganică — scrie el — au luat drept termen de comparaţie, la care sînt raportaţi toţi echivalenţii, o greutate de 100 oxigen, în timp ce în chimia organică au adoptat pentru aceeaşi folosinţă o greutate de 200. Au atribuit deci echivalentului oxigenului organic o greutate de două ori mai mare decît aceea a oxigenului anorganic.

Am observat această eroare, analizînd un mare număr de reacţii organice, în care am văzut intervenind — atunci cînd era vorba de acid carbonic şi de apă — C_2O_4 şi H_4O_5, cantităţi de două ori mai mari decît acelea ce sînt considerate ca echivalenţi în chimia anorganică. Acest fapt era în acord cu acela că în toate formulele organice, suficient de bine verificate prin experienţă, echivalenţii carbonului şi ai oxigenului erau reprezentaţi prin numere pare, iar echivalenţii hidrogenului prin numere divizibile prin 4".

Să scriem, într-adevăr, în cele două sisteme, formula acizilor organici care erau descoperiţi la data cînd vorbea Gerhardt:

	Pentru C = 12, O = 16	Pentru C = 6, O = 16
Acid formic	CH_2O_2	$C_2H_2O_2$
Acid acetic	$C_2H_4O_2$	$C_4H_4O_2$
Acid propionic	$C_3H_6O_2$	$C_6H_6O_2$
Acid butiric	$C_4H_8O_2$	$C_8H_8O_2$
Acid valerianic	$C_5H_{10}O_2$	$C_{10}H_{10}O_2$
Acid caproic	$C_6H_{12}O_2$	$C_{12}H_{12}O_2$
Acid oenantic	$C_7H_{14}O_2$	$C_{14}H_{14}O_2$

etc.

La data aceea, se făcuseră un număr suficient de mare de experienţe pentru ca să se poată afirma că între membrii acestei familii nu se mai intercala nici un alt acid.

Dar să-l lăsăm pe Gerhardt să continue. După el, în fața faptelor pe care le culesese, nu era posibil să se opteze decît pentru una din următoarele concluzii: sau H_4O_2 și C_2O_4 exprimă un singur echivalent, sau exprimă două.

„După prima presupunere, ar trebui să dublăm formulele chimiei anorganice pentru a le pune de acord cu formulele organice. Acesta este lucrul pe care l-am propus să se facă mai întîi. În cealaltă ipoteză, ar trebui să luăm, din contra, cîte jumătate din fiecare formulă a majorității formulelor organice: în prezent ne-am decis pentru acest din urmă punct de vedere.

Este ușor de explicat cum de s-au strecurat aceste erori în știință.

Considerînd apa drept un compus din echivalenți egali din fiecare element, s-a tras concluzia că oxizii metalici corespunzători și avînd o compoziție asemănătoare trebuiau exprimați prin formula MO.

Pentru determinarea echivalenților substanțelor organice, a fost necesar să se înceapă cu analiza sărurilor, din cauză că echivalenții substanțelor neutre nu puteau fi determinați decît prin intermediul unor considerații bazate pe reacții. Astfel, de exemplu, cunoașterea echivalentului acidului acetic a dat posibilitatea să se deducă echivalentul alcoolului etc. S-a analizat deci acetatul de argint. Din cantitatea de metal obținută la analiză s-a dedus cantitatea de oxid de argint presupusă că există în sare și — considerînd această cantitate ca un echivalent — s-a dedus echivalentul materiei organice.

Acest mod de a proceda ar fi fost riguros dacă n-ar fi existat decît acizii monobazici. Astăzi însă, el nu ne mai poate satisface. De altfel, acest mod include o ipoteză prin aceea că presupune preexistența apei în acizi și a oxizilor metalici în săruri. El grupează deci, anticipat, elementele oricărui acid sau ale oricărei sări organice în două părți, acidul anhidru și oxidul, ceea ce înseamnă că — în special pentru acizi-trebuie să se creeze o nouă ipoteză, și anume să se inventeze existența unui corp necunoscut, fiindcă dintre cei o sută și ceva de acizi organici cunoscuți în prezent nu există decît patru sau cinci care pot pierde elementele apei astfel ca să poată corespunde acestei teorii".

Una din ultimele părți ale argumentării lui Gerhardt face aluzie la o descoperire de cea mai mare importanță, făcută în 1823 de către englezul Graham. Acesta arătase că acidul fosforic obișnuit și diferitele lui săruri pot fi considerate drept combinația unui „atom" de acid fosforic P_2O_5 cu 3 atomi de bază care pot fi înlocuiți cu 1, 2 sau 3 atomi de apă. Acest rezultat, împreună cu dezvoltările lui, rău înțelese de chimiștii pătrunși cu totul de concepția dualistă, n-a avut decît o influență foarte redusă. Se poate constata însă că, în ceea ce privește teoria proporțiilor chimice, Gerhardt a știut să tragă din existența acizilor polibazici consecințe capitale. Noțiunile — clare în sfîrșit — introduse de Gerhardt cam prin 1843, au pus bazele unui tabel de greutăți atomice pe care le-am adoptat și noi. Aceste greutăți au fost completate de Laurent care a precizat, în 1846 , mai bine decît o făcuse Gerhardt, noțiunile de atom și de moleculă, și mai ales de către Cannizzaro, cu vreo 12 ani mai tîrziu, care a determinat în mod definitiv adevărata greutate atomică a metalelor polivalente (Gerhardt dublase sistematic greutatea atomică a tuturor

metalelor). Cu aceasta se punea la punct o discuţie care preocupase pe chimişti timp de aproape o jumătate de secol. La drept vorbind, echivalentiştii au continuat să mai dea, încă mulţi ani după aceea, bătălii de ariergardă. Ei găsiseră un argument nou pe care-l opuneau ipotezei lui Avogadro; variaţiile pe care le suferă densitatea anumitor vapori la temperatură înaltă, variaţii care puteau fi însă uşor explicate prin „disocierea" anumitor compuşi în două molecule care la frig se recombinau. Va părea desigur ciudat că Sainte-Claire Deville, căruia i se datoreşte frumoasa descoperire a fenomenelor de disociaţie (1864), a fost unul dintre cei care au perseverat în aceste discuţii lipsite de actualitate.

În timp ce se desfăşurau aceste lupte de idei, a căror semnificaţie generală am arătat-o, ştiinţa chimică se dezvoltă pe toate fronturile, aducînd continuu noi materiale pentru edificiul în curs de construcţie.

Metodele analitice, încă în faşă la începutul secolului, se perfecţionaseră într-o foarte mare măsură. În 1831, Justus Liebig (1803—1873) propusese o metodă comodă de dozare a carbonului şi a hidrogenului în substanţele organice, iar Dumas, la rîndul lui, rezolvase problema dozării azotului.

Investigarea critică a ipotezei lui William Prout (1815), conform căreia greutăţile atomice ale elementelor ar fi multipli întregi ai greutăţii atomice a hidrogenului, impunea determinări analitice de o precizie neatinsă pînă atunci. Printre chimiştii care s-au distins în acest domeniu anevoios, însă de o utilitate de netăgăduit, are dreptul la o menţiune specială belgianul Stas.

Criteriile fizice de puritate, rămase multă vreme aproape intuitive, urmau să facă obiectul unor măsurări precise. Robert Wilhelm Bunsen şi Gustav Robert Kirchhoff inventează *spectrografia*, arătînd că fiecare element are proprietăţi specifice din punctul de vedere al luminii pe care o emite.

De altminteri, lista noilor elemente se lungise încetul cu încetul, considerabil de mult; în jurul anului 1870 se cunoşteau 64 de elemente, adică de aproape două ori mai mult decît putuse număra Berzelius în 1818.

CLASIFICAREA PERIODICĂ A LUI MENDELEEV. Acest aflux de date noi impunea un imens efort de clasificare. Se observase de multă vreme că există *familii naturale* de elemente, ai căror membri dăduseră dovada unei comportări chimice foarte asemănătoare, ca de pildă grupa halogenilor (fluorul, clorul, bromul, iodul), cea a metalelor alcaline etc. Însă în timp ce în ochii echivalentiştilor nu putea exista în acest domeniu nici o regularitate valabilă, luarea în considerare a noilor greutăţi atomice urma să-i permită lui Dmitri Mendeleev (1834—1907) să propună celebra sa *clasificare periodică* a elementelor.

Avînd o lărgime de vederi pe care nici unul din contemporanii lui însufleţiţi de preocupări asemănătoare (de Chancourtois, Newlands, Lothar Meyer) nu i-o puteau contesta, chimistul rus a demonstrat că proprietăţile chimice ale elementelor sînt funcţii periodice de greutăţile lor atomice.

Mendeleev a făcut cunoscută „prima stare" a clasificării lui în martie 1869 (a se vedea fig. 10), pentru ca la începutul anului 1871 să-i dea un nou aranjament, foarte puțin deosebit de acela care urma să fie adoptat în mod definitiv.

ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

			Tl = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	I4 = 198
			Ni = Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199
H = 1			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Sl = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bl = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yl = 60	Dl = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. МЕНДЕЛЬЕВЪ

FIG. 10. „ÎNCERCARE A UNUI SISTEM AL ELEMENTELOR", FOAIE DISTRIBUITĂ DE MENDELEEV FIZICIENILOR ȘI CHIMIȘTILOR RUȘI (1869).

Clasînd elementele cunoscute după greutățile lor chimice crescînde, el le „aliniază" astfel ca elementele a căror comportare chimică este înrudită să se afle pe o aceeași coloană verticală (formînd astfel o grupă). Mai puțin de zece elemente se plasează astfel pe o aceeași linie orizontală. Din această clasificare despre care știm astăzi că este realizată pe baze temeinice (adică pe faptul că numărul electronilor din straturile periferice înconjurînd nucleul este acela care determină proprietățile chimice ale elementelor), Mendeleev — cu o cutezanță inspirată — trage concluzii care nu vor întîrzia să dovedească importanța descoperirii sale.

Pentru ca anumite elemente să se poată amplasa în mod acceptabil în „tabloul" lui, Mendeleev modifică *a priori* greutăţile atomice admise pînă atunci. Experienţele făcute mai tîrziu au arătat că această rectificare era justificată (aşa a fost cazul beriliului etc.).

Succesul cel mai uimitor a fost însă descoperirea unor elemente a căror existenţă o prevăzuse şi cărora le rezervase un loc în tabloul lui, deşi erau încă necunoscute pe atunci.

Izolarea galiului, a scandiului, a germaniului, ale căror proprietăţi fuseseră prevăzute şi anunţate teoretic, a venit să confirme în mod strălucit justeţea intuiţiei marelui chimist rus.

Atunci cînd, în 1894, englezul Ramsay va descoperi în atmosferă gazele rare (neonul, kriptonul), care nu prezintă practic nici o reactivitate, în tabloul lui Mendeleev se va adăuga o coloană verticală suplimentară, ceea ce nu va face în fond decît să-i mărească coerenţa.

În ultimii ani ai secolului, descoperirea radiului (de către Pierre Curie şi Marie Curie), a poloniului (de către Marie Curie) şi a actiniului (de către Debierne) venise să completeze provizoriu lista elementelor. Aceste elemente sînt radioactive[12]. Existenţa noii proprietăţi deschidea perspective nebănuite şi punea noi probleme a căror rezolvare urma să dea încetul cu încetul posibilitatea de a se pătrunde mai adînc în cunoaşterea intimă a materiei, adică a acelui atom a cărui realitate chimiştii secolului al XIX-lea îşi dăduseră atîta osteneală ca s-o demonstreze, iar, unii din ei, ca s-o recunoască.

INFLUENŢA NEFASTĂ A ECHIVALENTISMULUI PERIMAT. Controversele pe care le-am semnalat mai sus au îmbrăcat, în special în Franţa, un caracter pătimaş, pe care ne vine greu să ni-l imaginăm astăzi. În Franţa, mai ales, lupta dintre atomişti şi echivalentişti a avut asupra dezvoltării chimiei o influenţă din cele mai nefaste.

Cu toate sforţările unor savanţi necontestaţi, ca Adolphe Wurtz, liderul atomismului din Franţa, totuşi, datorită poziţiilor lor oficiale, renumelui şi locurilor de prim plan pe care le deţineau în învăţămînt, echivalentiştii (Sainte-Claire Deville şi, în special, Berthelot) au reuşit să-şi impună, aproape pînă la sfîrşitul secolului, concepţiile lor învechite. Fiindcă echivalentismul şi modul de gîndire pe care îl implica nu se mărgineau numai

[12] Pierre Curie (1859—1906) şi soţia sa Marie Sklodowska-Curie (1867—1934) au descoperit elementul *radiul*, la 26. XII. 1898; Marie Curie a descoperit *poloniul*, la 18.VII.1899 şi ulterior, tot în 1899, André-Louis-Debierne (1874—1949) a descoperit *actiniul*. Pentru lucrările sale, Marie Curie a fost laureată de două ori cu premiul Nobel, în 1903 şi în 1911. Radioactivitatea a fost descoperită de Henri Becquerel (1852—1908) în anul 1896, premiul Nobel, 1903. Dacă pînă la sfîrşitul secolului al XVIII-lea se cunoşteau numai 28 elemente chimice, în secolul al XIX-lea s-au descoperit încă 56 elemente. Astfel că, după descoperirea Ra, Po, Pa şi Rn, în anul 1900 se cunoşteau în total 84 elemente. În secolul următor (XX), cu excepţia hafniului şi reniului, s-au descoperit numai elementele nestabile (radioactive prin natura lor) şi cele artificiale, în special transuraniene. — *C.G.M.*

la divergențe pe chestiuni de notație: în fața problemelor de structură a compușilor organici și a uluitoarelor dezvoltări ale sintezelor pe care teoria atomică le făcea posibile, reprezentau un obstacol ale cărui urmări le vom mai constata încă multă vreme.

C. STRUCTURA COMPUȘILOR ORGANICI

NOȚIUNEA DE STRUCTURĂ. Discuțiile pe care le-am urmărit mai sus aveau ca scop cunoașterea elementelor ultime. În paralel și în strînsă legătură cu ele se duceau altele, referitoare la aranjamentul primelor elemente — în definitiv puțin numeroase — care se reuneau pentru a constitui substanțe a căror varietate părea inepuizabilă.

A cunoaște structura unei substanțe înseamnă, în primul rînd, a-i putea descrie aranjamentul spațial, adică arhitectura atomilor care o compun. Acesta este primul aspect. Dar cine vorbește de arhitectură moleculară, vorbește și de legătura dintre diferitele elemente ale ansamblului, de legătura atomilor între ei, și, ca o consecință logică, de interacțiunile dintre atomi. În fine, la aceste două aspecte se mai adaugă — prin însuși conținutul cuvîntului structură — un al treilea, acela al reprezentării, adică al formulării unui simbolism adecvat acestei realități materiale pe care cunoașterea încearcă să o atingă.

În fața problemei structurii ca și — după cum am văzut — în fața problemei atomilor, chimiștii secolului par să fi adoptat atitudini filozofice foarte diferite. Pentru unii, realitatea pe care o mînuiau părea ascunsă, inaccesibilă: era cu adevărat lucrul în sine al lui Kant. Fiindcă numai raporturile dintre fenomene sînt cognoscibile, nu-i de loc surprinzător faptul că preocuparea lor esențială era stabilirea unor clasificări comode. Pentru ei, formulele chimice erau niște simboluri și nimic mai mult, iar cele mai bune simboluri sînt acelea care reprezintă cel mai mare număr de fapte posibile, în modul cel mai coerent. Pentru aceste spirite, știința ideală se asemăna foarte mult cu o limbă bine construită.

O altă componentă a acestei stări de spirit, pe care influența pozitivismului o va găsi deosebit de receptivă, era neîncrederea în teorii.

În opoziție cu această primă tendință, ambițiile celeilalte familii de chimiști erau cu totul diferite. Ceea ce voiau ei să atingă este realitatea însăși. Ghicesc că atomii și moleculele sînt obiecte materiale și de aceea caută — cîteodată cu o naivitate mișcătoare — să încerce a-i descrie. Pentru ei, formulele chimice nu mai sînt doar niște semne convenționale; ar vrea să facă din ele adevărate scheme, aproape niște planuri în sensul pe care un inginer îl dă desenului unei lucrări pe care o descrie sau pe care proiectează să o construiască.

DUALISMUL ELECTROCHIMIC. Ideea unor grupări particulare de elemente chiar în interiorul unei substanțe datează, fără îndoială, de la Lavoisier. După

cum se ştie, pentru el oxigenul juca în toţi compuşii un rol fundamental. S-a putut afirma că pentru el chimia era în esenţă chimia oxigenului şi a compuşilor lui. *Radicalul* era o porţiune de substanţă combinată cu oxigenul. Această definiţie era de altminteri foarte largă şi putea fi aplicată atît la elemente, cît şi la grupări mai complexe: în acidul carbonic, de exemplu, radicalul putea fi însuşi carbonul, iar în acizii de origine organică putea fi radicalul oxalic sau tartric. Începînd din momentul în care ipoteza atomică reuşise să-şi găsească încetul cu încetul o bază experimentală din ce în ce mai puţin contestabilă, problema aranjamentului atomilor într-o substanţă se punea în termeni mai precişi; concepţiile lăsate moştenire de Lavoisier urmau să se modifice şi să se generalizeze mai întîi în teoria electrochimică.

Lavoisier considera corpurile compuse ca fiind formate din două molecule sau din două grupări moleculare antagoniste. În fiecare din aceste grupări el distingea un element comburant şi un element combustibil; teoria electrochimică vedea în primul un corp negativ, iar în al doilea un corp pozitiv. În fond, este vorba de aceeaşi idee, va spune mai tîrziu J. -B. Dumas.

Am văzut că Berzelius, dezvoltînd ideile lui Davy, ale cărui cercetări duseseră la descoperirea elementelor alcaline, propusese încă de la începutul secolului o explicaţie generală a fenomenelor electrolitice. După el, prin trecerea curentului, corpurile sînt polarizate în mod diferit. Fiecare atom are doi poli încărcaţi cu electricitate de sens contrar astfel că — după preponderenţa sarcinii pozitive sau negative — există atomi electropozitivi sau atomi electronegativi. Într-o combinaţie, atomii se atrag prin sarcinile lor opuse. Atunci cînd se face, de exemplu, electroliza sulfatului de potasiu, acidul sulfuric, care este elementul electronegativ, se îndreaptă către polul pozitiv, iar potasa la polul negativ.

CRITICA DUALISMULUI. Această părere îi făcea pe partizanii dualismului să scrie sulfatul de potasiu sub forma $SO_3 + KO$. Se părea, în general, că rezultatele reacţiilor de formare sau de descompunere impuneau existenţa grupărilor de atomi în corpurile compuse.

Dar — remarca cu mult bun-simţ Laurent — să reluăm exemplul sulfatului de potasiu. „Bazîndu-ne pe experienţă, adică şi pe alte reacţii, am putea susţine, tot cu atîta dreptate, că atomii sînt grupaţi aşa: $SO_4 + K$, $SK + O_4$, SO_4K etc.“

Şi, într-adevăr, chimiştii timpului se dedau din toată inima la asemenea jocuri de formule.

În chimia organică, în care lucrurile sînt şi mai complicate, dat fiind numărul mare de atomi puşi în joc, dualismul electrochimic, al cărui conservator pe viaţă se făcuse Berzelius, îşi găsea expresia în teoria radicalilor.

„Dacă în chimia anorganică radicalii sînt simpli, în chimia organică sînt compuşi“, spuneau, asociaţi, în 1837, Dumas şi Liebig: unitatea teoriei electrochimice era apărată. Cu toate acestea, acordul era departe de a fi total în ceea ce priveşte natura însăşi a acestor radicali, pe care reacţiile de formare şi de descompunere ar fi trebuit să o pună în evidenţă.

„Pentru a vă da o idee de dezordinea care domnește în chimia organică, mai spunea Laurent, nu mă voi referi la compoziția unui corp complex și puțin cunoscut, ci voi cita pe cel mai simplu și pe cel mai comun dintre toți acizii, acidul acetic. Aranjamentul atomilor lui ne este reprezentat prin următoarele formule:

$$C_4H_6O_3 + H_2O \qquad (C_2H_6) \; C_2O_3 + H_2O$$
$$C_4H_6O_4 + H_2 \qquad (C_2H_6) \; C_2O_4 + H_2$$
$$C_4H_6 + O_3 + H_2O \qquad (C_3H_6O) + CO_2 + H_2O$$
$$C_4H_6O + O_2 + H_2O$$

Am uitat două sau trei formule, dintre care iată-le pe acestea: $C_4H_8 + O_4$; $C_2H_4 + O_2$.

Nu văd de ce aș trece sub tăcere notația d-lui Longchamp: $C_4H_6O_2 + O_2H_2$ și pe aceea a d-lui Graham: $C_4H_2 + O_4H_6$ etc."

Aceste grupări de atomi, care erau reunite mintal într-o aceeași paranteză, adică acești radicali ipotetici, se înmulțeau într-o asemenea măsură, încît amenințau să invadeze întreaga chimie. În *Tratatul de chimie* al lui Liebig pot fi numărați, după cîte se pare, peste 111 radicali.

Laurent avea motive puternice să afirme cu verva lui obișnuită:

„Dintre științele experimentale există una care este clasată cu ușurință printre științele exacte, deși scopul ei este studiul unor corpuri care nu există. Este vorba de chimie. Aș mai adăuga că chimia are pretenția să ne învețe nu numai proprietățile corpurilor care nu există, dar și pe cele ale corpurilor care nu pot exista..."

Cu toate acestea, Laurent era în parte nedrept.

Ideea aceasta a radicalului nu a fost cu totul nerodnică, cel puțin în măsura în care este adevărat că o teorie, chiar falsă, este folositoare în măsura în care inspiră experiențe și ajută la descoperirea unor fapte noi.

Era evident însă că în pofida frumoaselor lucrări ale lui Liebig și Wöhler asupra radicalului benzoil, chimia ajunsese într-un impas din care trebuia căutată o ieșire.

FENOMENELE DE SUBSTITUȚIE. Pornind de la o observație, al cărei merit inițial îi revine lui J. -B. Dumas, Laurent urma să afle în fenomenele de substituție argumentul care va infirma definitiv dogmele dualiste.

Auguste Laurent este, desigur, una din figurile cele mai captivante ale acestei însemnate perioade. Se născuse în 1808, în apropiere de Langres. Inginer al Școlii de mine din Paris, a debutat în știință alături de J. -B. Dumas, cu care a ajuns repede în conflict din cauza temperamentului lui. Lucrează la Manufactura din Sèvres, fundează o școală particulară de chimie și după o scurtă ședere în Luxembourg este numit, în sfîrșit, profesor la Bordeaux, după ce-și susține teza de doctorat în niște împrejurări din cele mai furtunoase. În 1848 poate reveni în sfîrșit la Paris cu titlul de verificator la Monetăria Statului. Tuberculoza începuse însă să-l mistuie: a murit în 1853 istovit de polemici și de lipsuri.

Tratînd cu clor anumite hidrocarburi, Dumas notase, în jurul anului 1833, că acest halogen „posedă însuşirea ciudată de a pune stăpînire pe hidrogen şi de a-l înlocui atom cu atom". În faţa acestui fenomen, Dumas adoptase o atitudine de empirism prudent, chiar contabil s-ar putea spune. Pentru compuşii pe care reuşeşte să-i transforme el se mărgineşte să încheie un bilanţ de profit şi pierdere; un hidrogen pierdut, un clor cîştigat. În chiar laboratorul lui Dumas, Laurent înmulţeşte experienţele de acelaşi fel. Şi atunci el, elevul, îndrăzneşte să afirme că clorul înlocuieşte hidrogenul în sensul propriu al cuvîntului, că adică ocupă locul şi capătă acelaşi rol ca şi hidrogenul căruia i se substituie. Toate acestea se întîmplau în anul 1836. A face ca clorul, cel mai negativ dintre toate corpurile[13], să joace rolul hidrogenului, un corp aşa de pozitiv, însemna a nu cunoaşte cele mai elementare noţiuni ale chimiei în vigoare! A fost un scandal teribil.

Va merge cumva Laurent pînă acolo încît să pretindă că teoria pe care o enunţa era fundamental diferită de observaţiile empirice ale maestrului său J. -B. Dumas? Acesta din urmă nu ţinea însă — cel puţin pentru moment — să-şi asume responsabilitatea ideilor puţin conformiste ale răzvrătitului său elev.

„N-am spus niciodată — preciza el — că noul corp format prin substituţie ar avea acelaşi radical, aceeaşi formulă raţională ca şi primul. Dimpotrivă am spus, în sute de ocazii, exact contrariul. Acela care doreşte să revendice o asemenea părere n-are decît s-o susţină: pe mine nu mă priveşte".

Este uşor de bănuit că atunci cînd va descoperi, cîţiva ani mai tîrziu, acidul tricloracetic, Dumas îşi va schimba felul de a vorbi.

Se dovedeşte totuşi că, în ciuda prejudecăţilor celor mai iluştri dintre contemporanii lui (care nu şi-au cruţat criticile), ideile lui Laurent au marcat un moment hotărîtor în istoria chimiei şi, în special, în istoricul noţiunii de structură. Ele stabilesc, cu o originalitate genială, o legătură între două categorii de fenomene, în aparenţă fără legătură între ele: fenomenele de izomorfism şi reacţiile de substituţie.

În ceea ce priveşte fenomenele de izomorfism, am văzut că în jurul anului 1820, Mitscherlich descoperise că fosfaţii şi arseniaţii aceluiaşi metal au aceeaşi formă cristalină. El şi-a extins observaţiile şi la alte săruri minerale, pentru ca să ajungă în final la următoarea concluzie de o mare importanţă teoretică: acelaşi număr de atomi elementari, combinaţi în acelaşi fel, dau naştere aceleiaşi forme cristaline; această formă este independentă de natura chimică a atomilor, fiind determinată numai de numărul şi de aranjamentul acestora. În fond, aceasta înseamnă a spune că, în conformitate cu legile izomorfismului, într-un fosfat, de exemplu, putem înlocui în gînd arsenul prin fosfor, fără ca edificiul molecular al arseniatului care rezultă din această operaţie să fie modificat. Trecînd peste consideraţiile electrochimice, Laurent afirmă că, în compuşii organici, acelaşi lucru se întîmplă cu clorul şi hidrogenul. Teoria

[13] Nu clorul, ci *fluorul* este cel mai negativ dintre toate elementele. Fluorul primeşte electroni de la oxigen, clorul nu. — *C.G.M.*

nucleelor, pe care a formulat-o în jurul anului 1836, își împrumuta, de altminteri cu predilecție, imaginile din cristalografie.

Nucleul lui Laurent, *radicalul fundamental*, era deja, în fond, scheletul atomilor de carbon de care vorbesc chimiștii de astăzi. Datorită grijii lui Dumas, care descoperise tocmai atunci acidul tricloracetic, radicalul fundamental al fostului său elev devine un tip:

„În chimia organică — va spune Dumas — există anumite tipuri care se mențin chiar atunci cînd în locul hidrogenului pe care îl conțin se introduc volume egale de clor, brom sau iod".

În această luptă pentru o chimie nouă, tovarășul de arme al lui Laurent, Gerhardt, adoptă o tactică destul de diferită.

„În zilele noastre — spune el — atunci cînd un chimist observă o reacție sau analizează un corp nou, prima lui grijă este aceea de a imagina o mică teorie care să explice fenomenele pe baza principiilor electrochimice, creînd — așa cum cere moda — vreun radical ipotetic pentru a putea aplica aceste principii la noul corp. Datorită introducerii acestor entități fictive, știința n-a fost niciodată, în măsura în care este astăzi, o asemenea jucărie a imaginației..."

În fața „haosului inextricabil" pe care îl denunță, nu există însă pentru Gerhardt decît o singură soluție: revenirea la „unicul lucru pozitiv", adică la raporturile de compoziție pe care le furnizează analiza elementară și pe care le traduce formula brută a compușilor. Scopul lui este acela „de a se ajunge la legi generale, independente de orice teorie, asupra predispoziției moleculelor" (așa cum se exprimă el). Chimia pe care o propune trebuie să fie *unitară* într-un dublu sens al cuvîntului: el restituie, pe de o parte, substanței, prin faptul că nu-i ia în considerare decît formula brută, *unitatea* pe care dualismul i-o răpise în mod arbitrar, iar, pe de altă parte, raportează toate moleculele organice în stare gazoasă la o aceeași *unitate de volum*, și anume la volumul ocupat de o greutate dată de hidrogen. Această intervenție din partea unui clasificator genial, chiar dacă o privim din punctul de vedere al pozitivismului contemporan, va da chimiei un nou echilibru intern.

TIPURILE, DUPĂ GERHARDT. Începînd de la această dată, lucrurile vor începe să se clarifice într-o mare măsură. Acțiunea de clasificare a lui Gerhardt scoate în evidență seriile omoloage. Fără îndoială că ideea nu era nouă: Dumas, în special, o sugerase într-o primă formă rudimentară. Același lucru se poate spune și despre teoria sa a tipurilor. În mintea lui Laurent și a lui Dumas, tipul era un fel de suport material al transformărilor chimice care persistă în ciuda substituțiior. Gerhardt adoptă și el această noțiune, însă operează ceea ce s-ar putea numi o trecere la limită.

În starea actuală a științei — scria el în 1853 — toți compușii organici pot fi reduși la patru tipuri: hidrogenul, acidul clorhidric, apa și amoniacul:

$$\left\{\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right. \quad \left\{\begin{matrix}H\\Cl\end{matrix}\right. \quad \left.\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\}O \quad \left.\begin{matrix}H\\H\\H\end{matrix}\right\}N$$

Pe baza acestor tipuri, devenite, în mintea lui, nişte entităţi schematice, ar fi fost posibil să se deducă prin substituţie alcoolii, acizii, aminele etc.

De exemplu, plecînd de la *tipul apă*, în care unul din hidrogeni este înlocuit printr-un radical hidrocarbonat, seria omoloagă de alcooli putea fi clasificată cu uşurinţă în felul următor:

$$\text{alcoolul metilic } CH_4O = O\left\{\begin{matrix}CH_3\\H\end{matrix}\right.$$

$$\text{alcoolul etilic } C_3H_6O = O\left\{\begin{matrix}C_2H_5\\H\end{matrix}\right.$$

$$\text{alcoolul propilic } C_3H_8O = O\left\{\begin{matrix}C_3H_7\\H\end{matrix}\right.$$

Si iată că vechiul cuvînt *radical*, aşa de iubit de dualişti, reapare. Radicalul, sau *reziduul* lui Gerhardt, era un grup de elemente care putea fi transportat *de la un corp la altul sub efectul unei duble descompuneri.*

Pentru a-i ilustra modul de gîndire, să luăm un exemplu. Este vorba de reacţia prin care englezul Williamson (căruia Gerhardt îi datoreşte de altminteri multe din ideile sale) a demonstrat adevărata constituţie a eterului.

$$\left.\begin{matrix}C_2H_5\\K\end{matrix}\right\}O \quad + \quad \left.\begin{matrix}C_2H_5\\I\end{matrix}\right\} = IK \quad + \quad \left.\begin{matrix}C_2H_5\\C_2H_5\end{matrix}\right\}O$$

etilat de potasiu	iodură de etil	iodură de potasiu	eter dietilic

După cum se vede, radicalul etil corespunde perfect definiţiei: a trecut de la iodura de etil (aparţinînd tipului acid clorhidric) la etilatul de potasiu (aparţinînd tipului apă).

Din cauză că formulele tipice tindeau să traducă comportarea corpurilor în cursul reacţiilor, rezultă că unul şi acelaşi compus putea avea mai multe formule raţionale[14]. Dar cu toate că teoria tipurilor cuprindea un număr mare de compuşi, ea nu era de fapt capabilă să-i claseze pe toţi. Era, în special, imposibil, să se raporteze la o singură moleculă de apă molecula poliacizilor (ca acidul sulfuric) sau aceea a corpurilor cu mai multe funcţii oxidril (ca glicerina). Williamson, care avusese un rol hotărîtor în stabilirea tipului apă, a introdus în ştiinţă noţiunea de *tip condensat.*

[14] Actuala noastră aldehidă benzoică, de exemplu, putea fi considerată, după reacţiile la care era supusă, fie ca o hidrură de benzoil (derivînd din tipul hidrogen), fie ca oxidul radicalului C_7H_5 (derivînd din tipul apă).

Scriind tipul apă sub forma „dimeră" sau „trimeră" (cum am spune astăzi), obţinem:

$$O\begin{cases}H\\H\end{cases} \quad O\begin{cases}H\\H\end{cases} \quad \text{sau} \quad O_2\begin{cases}H_2\\H_2\end{cases} \quad \left.\begin{matrix}O\begin{cases}H\\H\end{cases}\\O\begin{cases}H\\H\end{cases}\\O\begin{cases}H\\H\end{cases}\end{matrix}\right\} \quad \text{sau} \quad O_3\begin{cases}H_3\\H_3\end{cases}$$

Williamson propunea un simbolism care îi permitea să scrie:

$$O_2\begin{cases}(SO_2)\\H_2\end{cases} \text{ pentru acidul sulfuric} \quad \text{şi} \quad O_3\begin{cases}(C_3H_5)\\H_3\end{cases} \text{ pentru glicerină.}$$

Cu toate acestea, oricît de importante au fost, pentru dezvoltarea noţiunii de structură, teoriile lui Gerhardt, ele erau cu totul străine de concepţia pe care o postula.

„Tipurile mele — precizează el — au într-adevăr o semnificaţie fundamental deosebită de aceea a tipurilor d-lui Dumas. Acestea se referă la aranjamentul presupus al atomilor în corpuri, aranjament care, după părerea mea, este inaccesibil experienţei".

Această părere era împărtăşită de cea mai mare parte a chimiştilor care adoptaseră noua teorie.

NOŢIUNEA DE VALENŢĂ. Formulele tipice implicau ca elementele — ca şi radicalii — să aibă o capacitate determinată de substituţie sau de compoziţie.

Se admitea — din acest punct de vedere — că oxigenul şi sulful au o capacitate de două ori mai mare ca hidrogenul, clorul şi azotul o capacitate triplă, iar siliciul şi carbonul o capacitate cvadruplă. Se impunea, de aceea, să se facă o distincţie între elementele mono-, bi-, tri- şi tetraatomice, aşa cum se efectuase pentru radicali. Cuvîntul nu era prea fericit ales şi dădea loc la confuzii. Noţiunea de *atomicitate* urma să se prefacă în curînd în aceea de *valenţă*, astfel că de atunci încolo a început să se vorbească de elemente mono-, bi-, tri-,şi tetravalente.

Aceste idei noi, care fuseseră schiţate încă din 1852 de Edward Frankland atunci cînd spunea că „puterea de combinaţie a elementului care atrage este satisfăcută întotdeauna de un acelaşi număr de atomi", urmau să aibă repercusiuni imediate în domeniul chimiei organice.

Enunţînd, pe de o parte, tetravalenţa carbonului şi notînd, pe de altă parte, proprietatea acestui element de a intra în combinaţie cu el însuşi (sau, cu alte cuvinte, de a constitui lanţuri carbonate), Archibald Couper şi August Kekulé deschidea chimiei perspective pe care teoria tipurilor nu lăsase decît să fie doar întrevăzute.

Cu greu s-ar putea afla o diferenţă mai mare decît între destinele acestor doi oameni, care aduceau, la un interval de cîteva luni şi independent unul de altul, soluţia unei probleme de care se poticnise o generaţie întreagă de

chimiști. Couper se născuse în 1831 în apropiere de Glasgow. După ce făcuse studii alese la întîmplare, o înclinație bruscă pentru chimie l-a condus în laboratorul lui Wurtz din Paris, unde și-a petrecut scurta lui viață. În 1858, înnebunește și de-atunci încolo lumea științifică n-a mai auzit vorbindu-se nimic de „nefericitul Couper", care a murit în 1892.

În ceea ce-l privește pe Kekulé, născut la Darmstadt în 1829, acestuia îi plăcea să spună că, deși fusese pe rînd elevul lui Liebig, Dumas, Gerhardt și Williamson, nu aparținea nici unei școli. Numit profesor la Gand, în 1858, și-a petrecut în Belgia perioada cea mai strălucită și mai fecundă a carierei lui. În 1867, a revenit în Germania, la Bonn, unde a murit în 1896.

Memoriul lui Kekulé, în care este enunțată clar tetravalența carbonului și, într-un mod mult mai confuz, proprietatea pe care o are acest element de a se uni cu el însuși, a apărut în 1858, cu două luni înainte de Nota lui Couper care făcea cunoscute idei asemănătoare. Dezamăgirea lui Couper a fost așa de mare, încît unii au văzut în ea originea bolii mintale care i-a întrerupt definitiv activitatea științifică.

„În general — scria Wurtz — socotesc că formulele d-lui Couper sînt prea arbitrare și prea îndepărtate de experiență. Noi nu avem pretenția că prin formulele noastre raționale să reprezentăm constituția intimă a combinațiilor. Aceste formule nu reprezintă decît transformările, adică fapte accesibile experienței și demonstrate de ea. Într-asta constă avantajul lor. Dimpotrivă, în formulele d-lui Couper locul fiecărui atom este marcat nu numai prin puterea bazică a elementelor, ci și prin nu știu ce fel de atracție electrică sau polară. Sîntem în fața prea multor ipoteze și este o greșeală ca toate lucrurile acestea să ne fie prezentate drept legea sfîntă enunțată de profeți. Din acest punct de vedere, dl. Kekulé, care mi se pare că a înțeles mai bine sensul și importanța ideilor pe care le-a enunțat cel dintîi, a spus, dînd dovadă de prudență, la sfîrșitul memoriului lui: «În ceea ce mă privește, nu atribui decît o importanță secundară considerentelor de acest fel».

Ce-i drept însă, recunoașterea tetravalenței carbonului sau, așa cum se spunea pe atunci, a tetraatomicității lui, nu putea institui, ea singură, noțiunea de structură. Tipurile lui Gerhardt exprimau, într-un mod relativ simplu și clar, stadiile de complexitate moleculară produse de atomii de valențe diferite. Cele patru tipuri fundamentale exprimau, în felul lor, monovalența hidrogenului și a halogenilor, bivalența oxigenului și trivalența azotului. Complexitatea arbitrară a tipurilor compuse se datora faptului că încă nimeni nu se gîndise la tipul metan. Cu toate acestea, oricît de importantă ar fi fost ea, descoperirea metanului nu constituia o revoluție. Noțiunea de valență și, în special, noțiunea de tetravalență a carbonului, nu s-a îmbinat imediat, dacă se poate spune așa, cu ideea de structură, așa cum am văzut-o schițîndu-se încetul cu încetul.

Cu toate acestea, se realizase un progres considerabil: indiferent de rezervele lor filozofice, chimiștii nu mai puteau rămîne nepăsători în fața felului în care sînt legați chimic între ei atomii elementari din corpurile compuse. Ei erau conduși — cea mai mare parte contra voinței lor — spre cunoașterea aranjamentului atomilor, la care visa Laurent. Ceea ce Kekulé numea con-

stituție, Herman Kolbe — punctele de atac ale afinității, iar Butlerov — structură, însemna înainte de toate aranjamentul legăturilor.

Alexandr Butlerov (1828—1886), mai întîi profesor la Kazan și apoi, începînd din 1868, la Petersburg, a fost primul savant care a urmărit pînă la capăt această idee. Dacă este adevărat că într-un compus dat structura reprezintă aranjamentul legăturilor dintre atomii care îl compun și dacă simbolismul formulelor exprimă cu adevărat acest aranjament, atunci „nu avem dreptul — scria Butlerov — să spunem, împreună cu Kekulé, că un corp poate avea mai multe formule raționale și nici nu avem nevoie de tipuri care nu măresc cu nimic înțelegerea formulelor".

Aplicare riguroasă a acestor noi concepții îi va permite lui Butlerov să descopere alcoolii terțiari și apoi să explice și să prevadă numeroasele cazuri de *izomerie* constitutivă a structurilor hidrocarbonate avînd același număr de atomi de carbon.

Pot exista, într-adevăr, combinații care, cu toate că au aceeași compoziție, posedă totuși proprietăți chimice foarte diferite: asemenea combinații se numesc *izomeri*.

Exemple ale acestui fenomen interesant fuseseră semnalate încă de la începutul secolului al XIX-lea. Însuși Dalton și, după el, Faraday descriseseră hidrocarburi diferite, în ciuda compoziției lor aparent identică. Cu toate acestea, pînă în momentul în care metodele analitice au ajuns să se perfecționeze într-o măsură suficientă, exactitatea acestor rezultate putea fi pusă la îndoială. În jurul anului 1830 însă, se considera ca ceva sigur că acizii fulminici și cianici pe de o parte, precum și acizii tartrici și racemici, pe de altă parte, corespundeau într-adevăr aceleiași analize. Berzelius, care refuzase multă vreme să atribuie aceeași compoziție unor corpuri avînd proprietăți deosebite, a sfîrșit prin a se convinge de realitatea fenomenului și i-a ratificat existența, dîndu-i numele de *izomerie* pe care îl are și astăzi.

Dezvoltarea, începînd din 1860, a noțiunii de structură urma să dea posibilitatea explicării acestor constatări mai vechi. De altminteri, Chevreul presimțise încă din 1823 soluția problemei izomerilor:

„Dacă ne oprim — scria el — la frontierele experienței, nu vedem alt mod de a concepe acest caz decît recurgînd la aranjamente diferite ale atomilor sau ale particulelor".

NOȚIUNEA DE CARBON ASIMETRIC. Am văzut mai sus că, datorită în special lui Butlerov, aplicarea directă a ideilor de structură explica multiplele posibilități de aranjamente ale lanțurilor carbonate avînd același număr de atomi. Mai rămînea să se apeleze la intervenția poziției *în spațiu* a diferiților substituenți ai aceluiași carbon pentru a se explica existența izomeriei optice, termen care exprimă proprietatea anumitor izomeri de a devia la dreapta sau la stînga lumina polarizată.

În fond, era vorba să se traducă în termeni de structură, adică la scara atomilor, genialele observații făcute de Louis Pasteur asupra asimetriei cristaline, în legătură cu acizii tartrici[15].

„Știm, pe de o parte — spunea el — că aranjamentele moleculare ale celor doi acizi tartrici sînt asimetrice și, pe de altă parte, că sînt riguros identice, cu singura diferență că prezintă asimetrii de sensuri opuse. Atomii acidului dextrogir sînt grupați după spirele unei elice răsucite spre dreapta, sînt plasați la vîrful unui tetraedru neregulat, sau sînt dispuși după cutare sau cutare mod asimetric determinat?

Nu avem posibilitatea să răspundem acestor întrebări. Însă ceea ce nu poate forma obiectul unei îndoieli este faptul că există grupuri de atomi ce urmează o ordine asimetrică, avînd o imagine nesuperpozabilă. Nu mai puțin sigur este faptul că atomii acidului levogir prezintă tocmai gruparea asimetrică, inversă grupării dintîi".

Printre eventualii suporți ai asimetriei moleculare Pasteur citase tetraedrul neregulat. Or, carbonul tetravalent poate fi reprezentat printr-un tetraedru: este suficient să se admită că cele patru elemente (sau radicali) cu care este combinat carbonul se așază pe cele patru vîrfuri ale tetraedrului, în centrul căruia se află însuși carbonul. Dacă cei patru substituenți sînt diferiți, acest solid imaginar se poate prezenta sub două forme nesuperpozabile, din care una este imaginea celeilalte într-o oglindă. Această nouă dezvoltare a noțiunii de structură a fost opera lui Joseph Achille Le Bel (1847—1930) și a lui Jacobus Henricus Vant't Hoff (1852—1911) care au creat în același timp, și anume în 1874, noțiunea de *carbon asimetric*. Prezența într-o moleculă a carbonului asimetric are drept consecință izomeria optică.

STRUCTURA COMPUȘILOR AROMATICI. FORMULA BENZENULUI. În forma ei inițială, teoria structurii s-a aplicat mai ales la chimia compușilor *seriei grase*, adică la compușii legați mai mult sau mai puțin direct de acizii grași. Substanțele din seria *aromatică*, al căror prototip este benzenul, puneau probleme speciale care nu au fost abordate efectiv decît cîțiva ani mai tîrziu. Kekulé scria în legătură cu acest subiect:

„Substanțele aromatice, chiar cele mai simple, sînt întotdeauna relativ mai bogate în carbon decît substanțele grase similare. În seria aromatică există substanțe omoloage, adică corpuri care diferă între ele prin $n CH_2$; corpurile cele mai simple care aparțin seriei aromatice conțin cel puțin șase atomi de carbon. Ceva mai mult, sub influența unor reactivi energici, se obțin întotdeauna chiar din materiile relativ complicate, substanțe care nu conțin decît șase atomi de carbon (benzilul, fenolul, acidul picric, acidul oxifenic, anilina, chinona, cloranilul etc.).

Evident că ansamblul acestor fapte trebuie să ne conducă la admiterea existenței în toate substanțele aromatice a unui grup comun, un fel de nucleu format din șase atomi de carbon...

Mai înainte de orice, trebuie să încercăm deci să ne dăm seama de constituția acestui nucleu. Ipoteza cea mai simplă care poate fi făcută în legătură cu aceasta este

[15] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui. J. Orcel (pp. 362—363).

următoarea. Ea decurge într-un mod atît de firesc din noțiunea de tetraatomicitate a carbonului, încît nu va fi necesar să insistăm prea mult asupra ei.

Atunci cînd mai mulți atomi de carbon se combină între ei, ei se pot uni astfel ca *una* din cele patru afinități ale fiecărui atom să se satureze întotdeauna cu *o* afinitate a atomului vecin. Acesta este felul în care am explicat omologia și, în general, constituția substanțelor grase.

Or, se poate admite, în același fel, că mai mulți atomi de carbon se unesc, combinîndu-se alternativ prin una și prin două afinități...

Dacă primul mod de unire explică compoziția substanțelor grase, cel de-al doilea explică constituția substanțelor aromatice sau, cel puțin, a nucleului comun tuturor acestor substanțe.

Într-adevăr, șase atomi de carbon care se combină după această lege de simetrie vor da un grup care, considerat ca un lanț deschis, va mai avea încă opt afinități nesaturate. Admițînd acum că cei doi atomi care termină lanțul se combină între ei, vom avea un lanț închis avînd încă șase afinități nesaturate („Bulletin de la Societé chimique de France", 1865).

După cum se vede, în acest prim memoriu al lui, Kekulé nu prezintă încă celebrul său hexagon. Acesta va apărea pentru întîia dată în 1866.

„Din cauză că — spunea el — cei șase atomi de carbon ai benzenului sînt legați între ei într-un mod perfect simetric, ei formează un ciclu perfect simetric.

Putem deci reprezenta benzenul printr-un hexagon în ale cărui șase vîrfuri se află un hidrogen (fig. 11).

Se poate concepe, de asemenea, că pentru derivații care iau naștere prin substituție progresivă sînt posibile următoarele modificări izomere. De exemplu, pentru produsele de substituție bromurate vom avea:

1) Monobrombenzenul: o modificare;
2) Dibrombenzenul: trei modificări *(ab)*, *(ac)*, *(ad)*;
3) Tribrombenzenul: trei modificări *(abc)*, *(abd)*, *(ace)*;
4) Tetrabrombenzenul: trei modificări (ca pentru 2);
5) Pentabrombenzenul: o modificare;
6) Hexabrombenzenul: o modificare."

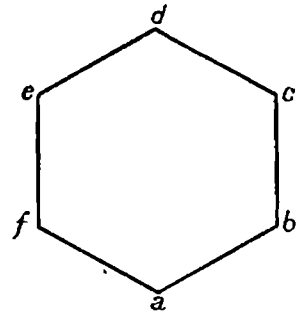


FIG. 11. HEXAGONUL LUI KEKULÉ.

Acesta nu este decît un exemplu. În cuprinsul aceluiași memoriu istoric, Kekulé prevedea numărul derivaților benzenici izomeri pentru cazul cînd pe nucleu sînt prezente două substituții diferite. În anul următor, unul din elevii lui, Körner, propunea pentru izomerii bisubstituiți denumirile de *orto (ab)*, *meta (ac)* și *para (ad)*, rămase clasice.

După cum am văzut, Kekulé admisese încă de la început că în nucleul benzenic între cei șase atomi de carbon există o alternanță de legături simple și de legături duble, astfel că regula tetravalenței carbonului să fie satisfăcută.

Aceasta înseamnă că hexagonul lui Kekulé avea în realitate formula reprezentată în fig. 12, I.

Ladenburg a fost primul care a făcut observaţia că în această ipoteză legăturile 1—2 şi 1—6 nu sînt identice. Au fost propuse atunci un număr de formule simetrice care evitau această dificultate aparentă.

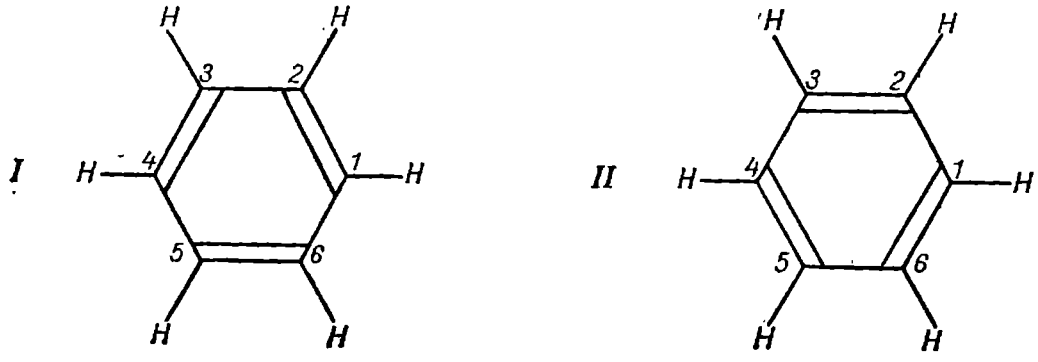


FIG. 12. DOUĂ FORME ECHIVALENTE ALE FORMULEI BENZENULUI (DUPĂ KEKULÉ).

La această observaţie, Kekulé a răspuns că, după părerea lui, mişcarea neîncetată a atomilor face posibilă supoziţia că, în timp, poate să existe tot aşa de bine o formulă care să corespundă unei deplasări a poziţiei legăturilor aşa că, din această cauză, formula precedentă (fig. 12, I) nu mai poate fi deosebită de o formulă ca aceea din fig. 12, II. Cîţiva ani mai tîrziu, Erlenmeyer şi, după el, Graebe au propus o formulă a naftalinei care generaliza ideile lui Kekulé şi la alte nuclee aromatice[16].

[16] *Structura combinaţiilor anorganice.* Valenţa se prezintă ca o caracteristică a fiecărui element chimic, iar unele din ele, cunoscute azi sub numele de elemente tranziţionale, se manifestă cu valenţe variabile după condiţiile de sinteză sau de experiment. Totodată un număr considerabil de substanţe care conţin în molecula lor numeroşi atomi nu se mai pot reprezenta cu ajutorul noţiunii de valenţă obişnuită. Acest fel de substanţe au fost numite: „Combinaţii complexe". Aşa este ferocianura de potasiu sau chiar ionul sulfuric etc.

Lămurirea structurii combinaţiilor complexe se datoreşte lui Alfred Werner (1866—1919), chimist elveţian, născut la Mulhouse (Franţa), profesor la Universitatea din Zürich, care în 1893, şi următorii, a pus bazele unui *Sistematici a complecşilor*, introducînd noţiunea de *coordinaţie*, noţiune ce se suprapune celei de valenţă, privind în general sinteza şi structura combinaţiilor anorganice.

Teoria formării combinaţiilor complexe sau teoria coordinaţiei a fost enunţată de A. Werner [„Z. anorg. chem." **3**, 267 (1893)] în modul următor: „Chiar şi atunci cînd, judecînd după numărul de valenţă, puterea de combinare a unor atomi este completată, ei mai posedă încă — în cele mai multe cazuri — puterea de a participa pe mai departe la construcţia de molecule complexe cu formare de legături atomice bine definite. Posibilitatea acestei acţiuni trebuie să reiasă din faptul că, pe lîngă legăturile de afinitate desenate ca *valenţe principale*, există şi alte legături, numite *valenţe secundare*, care sînt puse în acţiune". Acesta este postulatul de bază. Restul teoriei urmăreşte o explicare a *numărului* (număr de coordinaţie), *a naturii* şi a *aranjamentului spaţial* (izomerii) al acestor valenţe secundare sau neionizabile. Desigur, teoria coordinaţiei a lui Werner s-a dezvoltat şi s-a îmbogăţit mult în secolul următor (XX).— *C.G.M.*

SINTEZA ÎN CHIMIA ORGANICĂ. Problema sintezei compușilor organici (prin care se înțelegeau, cel puțin la început, substanțele furnizate de organismele vii) n-a putut fi abordată cu succes de către vreun chimist care nu cunoștea încă formulele ce fuseseră dezvoltate sau care avea o atitudine sceptică față de semnificația lor profundă.

Succesele repurtate în acest domeniu înainte de 1860 au trebuit să fie deci în mod necesar limitate la corpuri cu o greutate moleculară foarte mică (sinteza acidului formic în 1856, a metanului în 1858, a acetilenei în 1860 etc. de către Berthelot), sau au avut un caracter mai mult sau mai puțin fortuit (sinteza acidului oxalic în 1824 și a ureei în 1828 de către Wöhler)[17].

În măsura în care conținea o parte de adevăr, teoria tipurilor putea totuși permite o formulare mai conștientă a moleculelor organice, în special prin aceea că făcea posibilă o mînuire mai ordonată a „radicalilor" (acele grupări de atomi a căror natură intimă chimiștii nu se preocupau încă să o cunoască). Așa s-a ajuns la sinteza hidrocarburilor de către Frankland (1850) și Wurtz, a aminelor (1850) de către A. W. Hoffmann etc.

Lucrurile nu s-au mai petrecut de fel atunci cînd teoria structurii compușilor grași și aromatici și-a confirmat valabilitatea. Datorită faptului că cercetarea industrială o adoptase, această teorie a devenit într-un timp scurt un adevărat instrument de producție. Industria materiilor colorante, în special, limitată pînă atunci la extracția produșilor naturali sau bazată pe transformări empirice (cum a fost cazul, printre altele, cu prepararea moveinei de către Perkin, în 1856, și a fuxinei de cître Verguin, în 1859) avea acum posibilitatea să încorporeze și să valorifice derivatele gudroanelor de huilă printr-o serie de reacții, conduse rațional. Reproducerea în laborator, și apoi la scară industrială, a alizarinei (Graebe, 1868) și a indigoului (Baeyer, 1880), printre mii de alți compuși noi a marcat triumful acestei chimii a sintezelor, al cărei propagandist filozofic se făcuse Berthelot, deși el refuza încă să admită valoarea singurului instrument mintal care i-ar fi dat posibilitatea să pună cu adevărat stăpînire pe acest domeniu.

D. CHIMIA ÎN RAPORTURILE EI CU ȘTIINȚELE ÎNRUDITE

1. Chimia și fizica

CINETICA CHIMICĂ. Studiul fenomenelor chimice variabile în timp, precum și acela al legilor care le guvernează sînt, evident, mai puțin nemijlocite decît studiul care presupune un echilibru stabilit al fenomenelor. Cu toate acestea, *dinamica* chimică a stîrnit de timpuriu curiozitatea anumitor premergători. De exemplu, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, Wenzel s-a interesat de măsu-

[17] Friedrich Wöhler (1800—1882) a realizat sinteza *ureei* (substanță organică) plecînd de la cianat de potasiu și sulfat de amoniu (substanțe anorganice). Acest fapt a zdruncinat teoria vitalistă, dar n-a fost părăsită imediat, ci în timp. — *C.G.M.*

rarea vitezelor cu care diferiții acizi atacă bucăți identice de metale felurite. A fost necesar însă să se aștepte lucrările lui Wilhelmy (1850) pentru ca să fie puse bazele adevăratei cinetici chimice.

În jurul anului 1835, J.-B. Biot arătase că devierea luminii polarizate, lizibilă la polarimetru, putea servi pentru măsurarea concentrației soluțiilor zaharoase. Biot descoperise — împreună cu Persoz — faptul că o transformare particulară a zahărului din trestie (inversia) putea fi urmărită fără a fi nevoie să se recurgă la metode analitice complicate, ci numai observînd în mod continuu variațiile puterii rotatorii a unei soluții de zahăr, acidulată în prealabil. Preocupat de formularea cantitativă a desfășurării acestor transformări, Wilhelmy a fost condus să admită că, la o temperatură dată, viteza de transformare este proporțională cu concentrația zahărului rămas neschimbat sau, cu alte cuvinte, că masa transformată în unitatea de timp este proporțională cu masa substanței încă netransformată. Această lege, căreia el i-a dat o formă matematică convenabilă, are o aplicare generală. Wilhelmy a avut meritul de a se fi referit la o reacție relativ înceată, așa cum este cazul cu cea mai mare parte a reacțiilor mutuale ale produșilor organici, spre deosebire de ceea ce se petrece în chimia anorganică în care reacțiile sînt adesea instantanee.

Cinetica inversiei zahărului era totuși simplă, ceea ce nu era cazul cu reacția de formare a esterilor (eteri-săruri) studiați în 1862 de Berthelot și de Péan de Saint—Gilles. Un acid și un alcool se combină pentru a da un ester și apă, însă reacția se oprește de la sine, înainte ca tot acidul și tot alcoolul să fi intrat în reacție: ne aflăm astfel în prezența unui *echilibru*. Se poate arăta, într-adevăr, că un ester dă loc, în prezența apei, unei transformări inverse precedentei, furnizînd acidul și alcoolul generatori.

Printre savanții care au dat o interpretare teoretică acestor rezultate experimentale trebuie citați mai ales norvegienii Cato M. Guldberg (1836—1902) și Peter Waage (1833—1900), creatorii legii acțiunii maselor (1867) și, pe de altă parte, olandezul Van't Hoff. Datorită lor, aspirațiile nutrite prematur încă din 1803 de către Berthelot în *Statique chimique* erau în mare parte realizate.

TERMOCHIMIA ȘI ENERGETISMUL. Într-un alt domeniu înrudit, fizica și aparatul matematic care o însoțea au găsit un nou punct de contact cu chimia. Julius Thomsen (1826—1909) și, după el, Berthelot au enunțat și dezvoltat principiile *termochimiei*. Această generalizare a științei căldurii — a termodinamicii — la studiul reacțiilor chimice prezenta o mare importanță. Ea a coincis, de altminteri, de cele mai multe ori, în spiritul promotorilor ei, cu atitudinea antiatomistă, în măsura în care *energetismul* a ținut să descrie și să sistematizeze transformările unei substanțe asupra căreia nu a consimțit să facă vreo ipoteză oarecare. Chimiștii erau preocupați să rezolve următoarea problemă: cum poate reacționa un compus chimic, de structură dată, și care vor fi produsele sale de transformare? Noua școală punea o problemă diferită: care sînt condițiile (raportul dintre masa substanțelor în reacție, temperatură, presiune) în care este posibilă reacția? După cum se vede, punctele de vedere erau esențial diferite.

Principiul stării finale și al stării inițiale, principiul (foarte discutabil) al *lucrului mecanic maxim* (care postula că orice reacție spontană se produce în mod necesar, dacă degajează căldură—Berthelot) și lucrările lui J. Willard Gibbs (1839—1904) privind teoria echilibrului chimic (legea fazelor) marchează principalele rezultate ale acestei discipline care se găsea la hotarul a două științe.

FENOMENELE DE CATALIZĂ. Trebuia stabilită o legătură între aceste probleme și studiul unui fenomen de o mare importanță atît din punct de vedere practic cît și din punct de vedere teoretic: fenomenul de *cataliză*. Se știa de multă vreme că anumite reacții nu se pot produce decît în prezența unor corpuri care par să nu participe direct la procesul chimic, fiindcă, la sfîrșitul operației, sînt regăsite neschimbate. Catalizatorii pot fi de natură și de origine diferită: acidul clorhidric este necesar pentru inversia zahărului (despre care am vorbit), iar platina fin fragmentată permite combustia neexplozivă a gazului detonant (Davy). *Fermenții* fac și ei parte din această categorie de substanțe. Din punctul de vedere care ne interesează aici, un catalizator nu face altceva decît să multiplice cu un factor considerabil de mare viteza de reacție care, fără prezența lui, este posibilă din punct de vedere energetic, însă s-ar desfășura cu o încetineală cîteodată infinită.

Fenomenele de cataliză joacă un rol de prim ordin în domeniul chimiei industriale: ele stau la baza procedeului de fabricație prin contact a acidului sulfuric sau la baza fabricării acidului azotic prin oxidarea amoniacului, procedeu al cărui principiu fusese descoperit de Kuhlmann încă din 1839.

LEGILE ELECTROLIZEI. S-a văzut mai înainte rolul hotărîtor din punct de vedere istoric jucat de studiul fenomenelor electrolitice. Acțiunea produsă de trecerea curenților voltaici îi dăduse posibilitate lui Davy să izoleze elementele alcaline, iar Berzelius, generalizînd rezultatele acestor experiențe, fusese condus la formularea teoriei dualismului electrochimic.

Un elev al lui Davy, care se ilustrase deja prin importanța descoperirilor sale, Faraday, urma să dea chimiei și fizicii posibilitatea să stabilească o nouă legătură între ele.

Introducînd metode cantitative riguroase în studiul descompunerilor chimice produse prin electroliză, Faraday a ajuns la niște legi remarcabile. Prima ne învață că masa corpului descompus este proporțională, în toate cazurile, cu cantitatea de electricitate care traversează circuitul (și asta indiferent de electrolitul folosit), iar cea de a doua, că masele diferitelor corpuri puse în libertate în combinațiile chimice, prin trecerea unor cantități egale de electricitate, sînt proporționale cu echivalenții acestor corpuri sau cu fracții simple din acești echivalenți. După cum se vede, această din urmă lege a lui Faraday conducea la un sistem de numere proporționale, care nu era cel al greutăților atomice. Această contradicție nu a fost lipsită de discuții pasionate în cadrul teoriilor pe care le-am examinat mai înainte și ea nu putea fi înlăturată decît de anumite descoperiri despre care am vorbit deja, precum și de altele pe care le vom reaminti de acum înainte.

PROPRIETĂŢILE FIZICE ALE SOLUŢIILOR. Se ştie că studiul proprietăţilor fizice ale soluţiilor i-au permis lui F.M.-Raoult să enunţe între 1878 şi 1890 o serie de legi fundamentale[18].

Dacă examinăm mai îndeaproape soluţiile nesaline (care nu conduc decît într-o mică măsură curentul electric) se constată că, pentru o anumită substanţă dizolvată, presiunea vaporilor emişi de solvent este proporţională cu concentraţia; variaţia punctului de fierbere şi de congelare al solventului este supusă aceleiaşi legi. Pentru a ajunge la acelaşi rezultat trebuie ca — luînd de această dată corpuri diferite, dizolvate într-un acelaşi solvent — să alegem soluţii diluate conţinînd o greutate bine determinată din fiecare substanţă. Or, aceste greutăţi, comparate între ele, ne dau şi ele posibilitatea să stabilim un sistem de numere proporţionale care coincide de această dată cu sistemul dedus din legea gazelor.

Aceste legi ale lui Raoult nu aveau decît un caracter empiric. Semnificaţia teoretică profundă a lor a fost scoasă în evidenţă în 1885 de către Van't Hoff, insistînd tocmai asupra analogiei care există între moleculele în soluţia diluată şi moleculele în stare gazoasă. Această legătură i-a fost sugerată în special de cercetările botaniştilor asupra fenomenelor de *osmoză*[19].

Van't Hoff a rezumat observaţiile furnizate de studiul osmozei în legea următoare: orice materie dizolvată exercită asupra unui perete semipermeabil o presiune osmotică egală cu presiunea pe care ar dezvolta-o în acelaşi volum o materie gazoasă conţinînd acelaşi număr de molecule. Referindu-ne la ipoteza lui Avogadro, aceasta însemna a spune că, în stare gazoasă sau în stare dizolvată, acelaşi număr de molecule oarecare, închise în incinte avînd acelaşi volum şi aceeaşi temperatură, exercită aceeaşi presiune asupra pereţilor care le înconjură.

ARRHENIUS ŞI DISOCIEREA ELECTROLIŢILOR. Mai rămînea totuşi să se explice de ce legile lui Raoult şi cele ale lui Van't Hoff nu se puteau aplica soluţiilor de electroliţi. De ce o soluţie de sare marină, de exemplu, îngheaţă la o temperatură mai joasă decît o soluţie de zahăr avînd aceeaşi concentraţie moleculară? De fapt, totul se petrecea ca şi cînd sarea marină s-ar fi disociat parţial în doi componenţi care, luaţi separat, verificau legile lui Raoult, sau, cu alte cuvinte, ca şi cînd moleculele de clorură de sodiu s-ar scinda în atomi de sodiu şi de clor, astfel că o soluţie diluată de sare n-ar conţine decît atomii — în stare liberă — ai componenţilor ei. Trecînd peste aversiunea chimiştilor faţă de existenţa presupusă a atomilor de sodiu în prezenţa apei (fiindcă acest metal reacţionează cu apa cu o violenţă extremă), Svante Arrhenius (1859—1927) a îndrăznit totuşi, în 1887, să ia în consideraţie această ipoteză. El a admis că atomii de sodiu şi de clor, obţinuţi din disocierea moleculei de sare, sînt într-o stare specială: sînt încărcaţi electric şi formează *ioni*[20]. Datorită acestei teorii îndrăzneţe, verificată rapid pentru un întreg

[18] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui G. Allard (pp. 295 — 296).
[19] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui J.F.Leroy (pp. 469 — 470).
[20] Această teorie a fost enunţată şi de E. Bauer (pp. 258 — 261).

ansamblu de fapte, devenea posibilă o mai bună înțelegere a domeniului de aplicare a legii lui Raoult, fiindcă disocierea în ioni variază într-o largă măsură în funcție de natura sării luate în considerație. De altminteri, această disociere este în directă legătură cu conductibilitatea electrică, care îi poate servi drept măsură.

Creată astfel chiar la frontierele chimiei, o știință nouă, chimia fizică, regăsea și confirma teoria atomică. Se putea admite chiar de pe vremea aceea că atunci cînd fizicienii și chimiștii vorbeau de atomi, ei se refereau la aceeași realitate obiectivă, pe care experimentatorii o întîlniseră la capătul unor încercări care părea la început fără nici o legătură între ele.

2. Chimia și științele vieții

Încă de la începuturile perioadei științifice, între chimie și științele vieții se înnodaseră legături strînse: extracția și studiul substanțelor produse de plante și de animale au dat numele chimiei *organice*. În legătură cu aceasta, anumiți savanți ai secolului al XVIII-lea socoteau că, față de complexitatea substanțelor organice, singură natura era capabilă să le producă și că nu era în puterea chimiștilor să se substituie *forței vitale*. Vitalismul acesta, profesat de oameni ca Berzelius, Liebig etc., nu a rezistat — cel puțin sub această formă dogmatică și simplistă — dezvoltării cunoașterii. Încă din 1828, Friederich Wöhler realizase sinteza ureei, plecînd de la materia minerală. S-a insistat, poate, prea mult asupra importanței filozofice a prejudecăților vitaliste. De fapt, chiar dacă nu se poate contesta că ele au existat, ne-ar fi ușor totuși să citățm un mare număr de chimiști care nu le împărtășeau și care, chiar înainte de sinteza lui Wöhler, aveau asupra acestei probleme idei foarte raționale.

Oricum ar fi fost privite lucrurile, chiar dacă nu s-ar fi luat în considerație decît rezultatele finale ale activității chimice a organismelor vii, și tot ar fi fost neîndoielnic că ele nu difereau în esența lor de produsele pe care omul le putea prepara în laboratoare. Însă procesele chimice specifice la care recurge viața ascultă ele de legile generale pe care noi sîntem în stare să le înțelegem și să le stăpînim[21]?

Lavoisier arătase în decursul cercetărilor sale asupra oxigenului că respirația este o oxidare și compara o ființă vie cu un adevărat compus chimic cînd scria:

„Atunci cînd un animal este într-o stare stabilă și liniștită, în așa fel încît după mai multe ore sistemul animal să nu mai sufere nici o variație sensibilă, conservarea căldurii animale se datorește, măcar în cea mai mare parte, căldurii pe care o produce combinația oxigenului respirat cu baza de aer fix (prin care se înțelege carbonul și materiile carbonate) pe care i le furnizează sîngele".

[21] În legătură cu acest subiect a se vedea, de asemenea, studiile lui G. CANGUILHEM și J. F. LEROY asupra *Fiziologiei animale* și *Fiziologiei vegetale*.

Energia fiziologică își are deci sursa în arderile lente ale produselor extrase din mediul în care este stabilită ființa vie. Organismul asimilează aceste produse nutritive și apoi, după ce ele și-au îndeplinit rolul, le elimină sub formă de deșeuri. În ansamblul lor, aceste procese vitale fac de fapt parte din domeniul chimiei și nu se sustrag competenței ei.

În decursul secolului al XIX-lea, Jean-Baptiste Boussingault (1802—1887), în special, a arătat că azotul constituie unul din elementele esențiale ale economiei vegetale sau animale și a schițat, în linii mari, ciclul pe care îl parcurge. Animalele împrumută azotul care le este necesar, direct de la plante (dacă sînt erbivore) sau indirect (dacă sînt carnivore). Plantele, la rîndul lor, fixează azotul atmosferic prin intermediul unor anumite bacterii, datorită unui proces elementar sau catalitic.

De fapt, rolul fermenților în studiul fenomenelor chimice care însoțesc manifestările vieții este capital. Istoria acestui fenomen este cu totul legată de numele lui Pasteur. Într-adevăr, așa cum s-a văzut mai tîrziu, bacteriile își manifestă acțiunea prin intermediul acestor catalizatori.

Să luăm de exemplu o soluție zaharoasă; după adăugarea unei foarte mici cantități de drojdie de bere, care crește rapid, se formează în curînd alcool. Pasteur crede că ceea ce intervine este activitatea vitală a celulei de drojdie, fiindcă, o dată ce aceasta este ucisă cu o substanță toxică, fermentația se oprește.

Dimpotrivă, cu cîțiva ani mai înainte de aceste lucrări, Berthelot considerase că fermenții pot acționa în afara oricărui suport viu.

Ca să-și susțină părerea, el izolase din salivă *invertina* care transformă soluțiile zaharoase în amestecuri de zaharuri mai simple. Anselme Payen și J.-F. Persoz descoperiseră, în 1834, înaintea lui Berthelot, *diastaza* care catalizează formarea dextrinei și a zahărului, plecînd de la amidon. Aceste substanțe la care, încetul cu încetul, au venit să se adauge și altele, Berthelot le-a dat numele de *enzime*. Acești catalizatori biologici au desigur o compoziție foarte complexă, fără să aibă însă caracterul de ființe vii. Cazul fermentării alcoolice, studiat de Pasteur în 1857, nu constituie o excepție: în 1897, Eduard Buchner (1860—1917) a reușit, cu prețul unor eforturi trudnice din cauza instabilității produsului, să izoleze *diastaza alcoolică* care își păstrează eficacitatea și în absența vreunei celule de drojdie.

3. Chimia și medicina

Înmulțirea accelerată a noilor substanțe, datorată în special progresului chimiei organice, urma să marcheze, pornind de la cea de-a doua jumătate a secolului, începutul unei influențe profunde și durabile a chimiei asupra medicinii.

Întîmplătoare, la început, în cea mai mare parte a cazurilor, observațiile privind efectele anumitor compuși asupra organismelor vii au devenit în scurt timp obiectul unor studii sistematice.

Farmaciștii (care în tot decursul secolului au furnizat învățămîntului și cercetării un contingent de chimiști extrem de distinși) obțineau, în stare pură, principiile active conținute în medicamentele clasice. Sertürner izola în 1806, morfina, în 1833 era obținută atropina în stare cristalizată, iar Pelletier și Caventon descopereau, în 1823, chinina. Punerea în evidență a proprietăților *anestezice* ale protoxidului de azot (gazului ilariant), eterului și cloroformului urma să revoluționeze practica medicală.

Începînd de atunci, o întreagă parte a istoriei chimiei se va încrucișa cu istoria medicinii. Nu putem face altceva, din acest punct de vedere, decît să citățm cîteva date dintre cele mai caracteristice:

1867: fenolul este folosit ca antiseptic de către Lister;

1869: Liebreich descoperă acțiunea hipnotică a hidratului de cloral;

1867: Stricker arată că acidul salicilic are proprietăți analgezice, iar în 1899, Dreser descoperă proprietățile analgezice și febrifuge ale acidului acetilsalicilic, adică ale aspirinei.

1833: descoperirea antipirinei de către Knorr.

1897: sînt testate eucainele, în privința activității lor anestezice locale.

În paralel cu aceste descoperiri, dezvoltarea chimiei materiilor colorante urma să aibă o influență considerabilă, mai întîi asupra histologiei și apoi asupra terapeuticii.

Pe la începutul decadei 1880—1890, atunci cînd, datorită industriei în plin avînt (mai ales în Germania), coloranții artificiali deveniseră produse de folosire curentă, histologii constatau că unul dintre acești coloranți puteau să aibă o afinitate electivă cu cutare sau cutare formație celulară. Această observație a stat la originea lucrărilor fundamentale ale lui Paul Ehrlich (1854—1915), creatorul *chimioterapiei*, al cărei nume l-a propus în 1891. Ideea de a exercita o acțiune toxică selectivă asupra unei bacterii infectînd un mediu viu cu ajutorul unui colorant care părea să se fixeze exclusiv pe ea nu se întemeia de fapt pe o interpretare exactă. Aceasta n-a împiedicat-o însă să stea la baza unui mare număr de lucrări în care chimia și medicina s-au antrenat una pe alta spre noi probleme și spre noi succese.

Puțin înainte de sfîrșitul secolului, în 1895, Ehrlich arăta că albastrul de metilen are o activitate reală contra agentului malariei.

■

CONCLUZII. În cursul acestei perioadei care — dacă consimțim să luăm niște puncte de reper arbitrare, dar comode — începe prin intuiția genială a lui Dalton și se termină cu sinteza comercială a indigoului, chimia și-a luat un avînt prodigios în toate domeniile de aplicație a căror stăpînă va fi de acum înainte.

Cuceririle științei pure ofereau perspective de nebănuit tinerei industrii născute spre sfîrșitul secolului precedent sub semnul empirismului. Ceea ce noi numim în mod convențional marea industrie a chimiei anorganice a fost cea dintîi care a profitat de dezvoltările teoretice a căror înlănțuire am cercetat-o în cele de mai sus. Producția și consumul de acid sulfuric deveneau

— așa cum s-a remarcat — un indice sigur al gradului de civilizație a unui popor.

Mai tîrziu, aplicarea în practică a „teoriei structurii" dă industriei chimice organice semnalul de plecare spre cucerirea unor noi piețe, creatoare, la rîndul lor, de noi necesități. Chimia materiilor colorante, în special, zdruncina din temelii sectoare întregi ale economiei mondiale. Ca să nu citățm decît un singur exemplu, în 1897 Anglia exporta 11 000 tone de indigo natural provenit din India, iar Germania 600 tone de indigo de sinteză. În 1911, Anglia nu mai exporta decît 680 tone, în timp ce Germania furniza lumii 22 000 tone din acest colorant produs în uzinele sale.

Această revoluție în raporturile dintre știință și aplicațiile sale se prezenta sub felurite aspecte. Producția cerea universităților și institutelor particulare cadre din ce în ce mai numeroase de tehnicieni și de cercetători. Dezvoltarea și accesibilitatea învățămîntului deveneau un imperativ economic căruia Germania a înțeles cea dintîi că trebuie să i se supună.

Alături de sălile lor de fabricație, marile întreprinderi creau laboratoare industriale, afectînd capitaluri considerabile cercetării unor produse comercializabile, sursă nouă de profituri, dar și de cunoaștere.

Se va înțelege de aceea de ce în sînul acestei rețele din ce în ce mai strînse de interacțiuni dintre știință și societate, legislația brevetelor (al cărei spirit varia într-o măsură foarte însemnată de la o țară la alta, cînd favorizînd monopolul, cînd încurajînd implicit concurența) a putut să joace un rol așa de important în istoria chimiei moderne. Datorită în special acestei legislații și în împrejurări a căror analiză ar depăși cadrul acestei lucrări, chimia a cunoscut în Elveția o dezvoltare pe cît de neprevăzută, pe atît de mare.

Între timp, natura însăși a activității chimistului a suferit, în cursul aceluiași secol, o mutație profundă. Profesorul înconjurat de elevi numeroși și conștienți de viitorul pe care îl deschidea ucenicia, directorul științific sau profesorul — consilier al unei firme dinamice — nu mai semănau de loc cu cercetătorii izolați sau cu amatorii bogați care puseseră primele pietre la fundația științei chimice.

Laboratorul căpătase pe nesimțite un caracter modern și dădea *profesiunii* de chimist un cadru nou, oferindu-i noi posibilități. Descoperiri în aparență minore, ca aceea a „becului Bunsen"[22] pentru încălzirea cu gaze sau ca aceea a trompei de apă (care permitea ca prin folosirea apei curente să se generalizeze distilarea în vid și uscarea), au avut asupra „productivității științifice" o influență care nu poate fi neglijată.

[22] Robert Bunsen (1811—1899), născut la Göttingen în Germania; împreună cu G. Kirchhoff a descoperit analiza spectrală, a imaginat un calorimetru cu gheață ș.a., precum și becul de gaz (arzătorul de gaz) ce-i poartă numele, folosit și azi. Dar tot așa de mult este utilizat și „becul Teclu", construit în 1892, de către Nicolae Teclu (1839—1916), după un studiu profund științific asupra flăcării și o analiză amănunțită a unui mare număr de arzătoare de gaz din acea vreme, printre care era și cel al lui Bunsen, în forma lui originală. Becul Teclu, însă, are avantajul că permite un reglaj fin pentru accepția aerului și se realizează o flacără mult mai fierbinte, atingînd temperatura unui suflător. Vezi *Nicolae Teclu* de CONST. GH MACAROVICI și G. SCHMIDT, Editura Științifică, București, 1971; *C.G.M.*

În sfîrșit, cea de-a doua parte a secolului vedea născîndu-se, alături de tradiționalele „Anale de chimie" franceze și germane (acestea din urmă fundate de Liebig), marile reviste internaționale care vor rămîne pînă în zilele noastre organele de răspîndire a științei în devenire: „Journal of the Chemical Society of London "(1849), „Bulletin de la Société chimique de Paris" (apoi „de France") (1864), „Berichte der Deutschen Chemischen Gessellschaft" (1868) „Journal of the American Chemical Society" (1876)[23].

[23] Trebuie adăugat aici faptul că au existat și alte reviste de specialitate, în afară de cele citate, care există și azi, iar din 1830 s-a început publicarea și a unei reviste de scurte referate și recenzii, „Chemisches Zentralblatt", care a ușurat mult documentarea chimiștilor. Această revistă și-a încetat apariția în 1970, continuînd să apară, într-un volum mult mai mare, revista americană de recenzii, „Chemical Abstract", înființată în 1906, recenzînd azi anual peste 200 000 lucrări de chimie publicate în toate revistele de specialitate de pe glob. De dată mai recentă apare și revista de documentare sovietică, „Referativnîi Jurnal". — *C.G.M.*

■

La începutul secolului trecut, Dalton propune o notație simbolică a elementelor, perfecționată, în 1814, de către Berzelius, notație adoptată imediat de toată lumea.

Dar reprezentarea formulelor combinațiilor chimice, ca și înțelegerea legăturilor dintre atomi și molecule și nomenclatura respectivă au suferit mai multe modificări disparate și neconsecvente în decursul secolului al XIX-lea. De aceea s-a simțit nevoia unei reglementări unitare în special a nomenclaturii chimice în general.

Pentru chimia organică situația s-a clarificat la Congresul internațional ținut la Geneva în anul 1892, cînd s-a propus o „nomenclatură oficială" a combinațiilor organice. Din țara noastră la acest congres a participat dr. C. I. Istrati, care a făcut diferite propuneri, în parte fiind adoptate.

Pentru chimia anorganică, nomenclatura dată de Lavoisier și colaboratorii săi a servit ca tip și a fost adoptată în toate țările. O schimbare radicală nu se poate face cu ușurință și nici nu este necesar. S-a găsit că este mult mai just ca vechea nomenclatură să se completeze, iar modificările să se facă în mod rațional. Aceasta cu atît mai mult cu cît determinarea și adoptarea generală a greutăților atomice definite și cunoașterea diferitelor trepte de valență ale elementelor se considera că nu mai sînt supuse variațiilor, iar o schimbare esențială a lor era greu de presupus.

Dezvoltarea rapidă a chimiei a făcut să fie depășite și propunerile din 1892 pentru nomenclatura în chimia organică, astfel că la congresul ce s-a ținut la Par s în 1900, s-a început discutarea unei reforme a nomenclaturii chimice, atît pentru chimia anorganică, cît și pentru chimia organică. Această discutare a rămas să fie dusă la bun sfîrșit în secolul următor.

În țara noastră, cunoștințele de chimie au pătruns relativ tîrziu iar nomenclatura chimică s-a format prin introducerea ca neologisme în limba noastră a nomenclaturii străine în uz în acea vreme. Primii oameni de știință de la noi, mai ales Alexe Marin, Petru Poni și Const .I. Istrati au învățat chimia în Franța, iar Carol Davila era francez. Cum nomenclatura în chimie a fost stabilită, în primul rînd, de oamenii de știință francezi și cum limba noastră în topica și structura ei gramaticală se aseamănă mult cu limba franceză, era normal ca în cărțile scrise în românește, cursurile și conferințele publice, ținute de profesorii menționați mai sus, aceștia să încetățenească nomenclatura și notația chimică franceză.

În decursul secolului al XIX-lea s-a dezvoltat în mod evident chimia analitică, evoluînd spre înțelegerea teoretică și metodele din secolul următor.

La început au predominat metodele gravimetrice empirice, care se perfecționează treptat prin folosirea probelor cantitative din ce în ce mai mici, pe măsură ce se perfecționau și balanțele, crescînd sensibilitatea lor.

Cu puțin înainte de 1900, era în funcție un „aparat" științific eficient în diferitele lui aspecte, care va da posibilitatea aprofundării studiului *realității* atomice, de a cărei certitudine nu se mai îndoiau nici chimiștii, nici fizicienii.

Citățm aici pe L. Winkler (1863—1939), E. Kopp, E. Erlenmeyer (1826—1909), mergînd spre microanaliză, K. Haushofer (1839—1895), F. Emich (1860—1940) ș.a. G. Chancel propune, în 1858, precipitarea în mediu omogen, care se bazează pe formarea în stare născîndă, în mediul de reacție, a reactivului precipitant, procedeul prezentînd unele avantaje.

Apar cărți de chimie analitică propriu-zise. De exemplu: *Handbuch der analytischen Chemie*, de H. Rose (1795—1864), care apare în mai multe ediții între 1829 și 1871. În acest manual se descrie mersul analizei calitative, asemănător cu cel de azi dar nu suficient de clar.

O activitate deosebită a desfășurat-o Carl Remigius Fresenius (1818—1897), care în 1841 a publicat și un manual foarte clar scris, intitulat: *Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse*, în care se dau bazele clasice a identificării ionilor. Această carte, fiind tradusă în 8 limbi, a fost răspîndită în toate țările de pe glob, valabilă și astăzi.

În anul 1862, C.R. Fresenius a pus bazele revistei „Zeitschrift für analytische Chemie", care apare și astăzi. În această revistă nu se publică decît lucrări de chimie analitică, fiind premergătoare celorlalte reviste de strictă specialitate (chimie anorganică, chimie organică, chimie fizică, chimie biologică etc.) care au apărut ulterior.

Se dezvoltă titrimetria de la Gay-Lussac la J. Volhard și mulți alții. În 1853 apare cartea lui C.H. Schwartz, *Praktische Anleitung zu Massanalysen (Titrir-Methode)*, în special pentru analiza produselor chimice comerciale, iar F. Mohr (1806—1879) tipărește în 1855, *Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode*. După aceste publicații, cercetările titrimetrice se înmulțesc.

Pentru perfecționarea analizei elementare organice au contribuit, îndeosebi, Gay-Lussac, Liebig, Dumas, J.G. Kjeldahl (1849—1900), G.L. Carius (1829—1875) etc.

W. Hempel (1851—1916) descrie o întreagă metodică și aparatură pentru analiza amestecurilor de gaze.

După cercetările lui H. Davy și ale lui M. Faraday, se pun bazele metodelor electrogravimetrice, de către diferiți autori, de exemplu: W. Gibbs (1822—1908), N. Klobukov (1860—1899), Al. Classen (1843—1934) etc.

În urma lucrările lui G. Kirchhoff și R.W. Bunsen s-a dezvoltat analiza spectrală și metodele de dozare colorimetrică, construindu-se și aparate corespunzătoare, mai ales cel al lui J. Duboseq (1817—1886), care este folosit și astăzi, iar J.H. Lambert (1728—1777) și A. Beer (1825—1863) au dat bazele teoretice pentru astfel de determinări.

Chimia analitică a beneficiat de toate descoperirile teoretice și experimentale din celelalte domenii ale chimiei și fizicii. Spre sfîrșitul secolului al XIX-lea s-a manifestat tendința de dezvoltare teoretică. În acest sens menționăm cartea lui W. Ostwald (1853—1932), publicată în 1894, sub titlul: *Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie*. — *C.G.M.*

PARTEA A PATRA
ȘTIINȚELE PĂMÎNTULUI

În vastul domeniu al științelor Pămîntului, secolele XVII și XVIII au marcat realizări deosebit de importante, îmbunătățind observațiile și descrierile existente, adăugîndu-le altele noi, încercînd să deslușească, încetul cu încetul, principalele direcții de studiu și abordînd — nu fără o prudență ușor de înțeles — primele tentative de explicații raționale.

La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, apar remarcabilele lucrări ale lui Guettard, Buffon, Giraud—Soulavie, H.B. de Saussure, Hutton, ale lui Werner, precum si primele scrieri aparținînd lui W. Smith, care astestă importanța progreselor realizate în domeniul geologiei.

Dezvoltarea rapidă a chimiei moderne și formularea principiilor cristalografiei deschid noi orizonturi și pentru mineralogie. În climatul de emancipare stimulat de ideile filozofiei raționaliste a „secolului cunoașterii", paleontologia rămîne, totuși limitată la studiul „fosilelor" (al nevertebratelor fosile), fiind deocamdată un modest auxiliar al geologiei.

Aceste ramuri diferite ale științei, mai mult sau mai puțin strîns legate de geografia fizică, de științele fizicii sau de științele naturii, vor cunoaște de-a lungul secolului al XIX-lea un avînt deosebit, caracterizat prin extinderea și diferențierea rapidă a cîmpului lor de cercetare, prin punerea la punct a unor tehnici precise de observație, prin elaborarea unor metode raționale de lucru și, mai ales, prin emanciparea definitivă față de teologie.

Dezvoltarea și, în același timp, specializarea crescîndă a principalelor discipline, grupate pînă atunci sub termenul neprecis de „mineralogie", ne-au îndemnat să studiem separat evoluția lor. De aceea, aici, în cea de a patra parte a volumului, dedicată „științelor Pămîntului", vom examina pe rînd progresele realizate de științele mineralogice și de geologie.

Cu toate că a rămas unul dintre principalii auxiliari ai geologului — după cum o dovedește crearea și dezvoltarea rapidă a paleontologiei stratigrafice—, paleontologia se va apropia în decursul evoluției sale din ce în ce mai categoric de științele biologice. Într-adevăr, dezvoltarea paralelă, de la începutul secolului, a anatomiei comparate și a paleontologiei vertebratelor, precum și triumful teoriei evoluției în cea de a doua jumătate a secolului vor arăta că studiul plantelor și al animalelor fosile nu poate fi separat de studiul ființelor vii actuale. Din această cauză, cu toate că unele dintre aspectele

ei se află schiţate în capitolul consacrat geologiei, dezvoltarea paleontologiei va fi studiată mai ales în cea de a cincea parte, dedicată „ştiinţelor vieţii". Această trunchiere aparentă nu face, de fapt, decît să urmărească liniile directoare ale istoriei vieţii pe Pămînt.

Preistoria umană, o creaţie autentică a ştiinţei secolului al XIX-lea, se află în strînsă legătură cu paleontologia, antropologia şi arheologia. Cu toate că istoria oamenilor fosili este strîns legată de anumite evenimente din timpul cuaternarului, este evident că ea nu poate fi separată de studiul ştiinţelor vieţii. Legăturile strînse dintre preistoria umană şi teoria evoluţiei sînt confirmate, în special, prin faptul că cele două ramuri ale ştiinţei au trebuit să învingă aceleaşi obstacole şi aceleaşi rezistenţe deznădăjduite, pentru a se constitui pe baze solide.

CAPITOLUL I
Ştiinţele mineralogice

Savanţii secolului al XVIII-lea rezervau mineralogiei un domeniu foarte vast, fiindcă atribuiau, în mod practic, acestei ştiinţe totalitatea cunoştinţelor asupra „regnului mineral".

Dar, pe măsura acumulării observaţiilor, ştiinţele Pămîntului se constituie treptat, de-a lungul secolului al XIX-lea şi către începutul secolului al XX-lea, fiecare cu obiectul său de studiu, cu concepte, teorii şi legi proprii, ceea ce ne dă posibilitatea să le definim în stadiul lor actual. Această diferenţiere însă nu trebuie să ne facă să pierdem din vedere unitatea fundamentală a acestui vast ansamblu de cunoştinţe, imagine în continuă perfecţionare a unităţii proceselor care se desfăşoară în scoarţa terestră.

De fapt, toate domeniile ştiinţelor Pămîntului, şi chiar acea parte a astronomiei care se ocupă cu formarea planetelor, au avut nevoie pentru a se dezvolta de cunoştinţe de mineralogie. Această importanţă fundamentală a mineralogiei decurge din faptul că rocile sînt formate din minerale şi că acestea sînt într-o continuă transformare din cele mai îndepărtate timpuri ale edificării planetei noastre. Aceste modificări apar în timpul evoluţiilor structurale, care trebuie să fie reconstituite la diferite nivele de organizare a materiei terestre, corespunzătoare marilor mase ale continentelor şi lanţurilor de munţi, agregatelor de minerale care sînt rocile şi grupărilor de atomi care sînt mineralele.

Totuşi, această noţiune foarte generală de structură pentru a fi fecundă nu trebuie să fie luată în consideraţie într-un mod rigid şi static, fiindcă ea urmează să ne ajute să evocăm istoria acestor transformări şi să prevedem evoluţia lor. Căci la aceste nivele diferite de organizare şi de observaţie, ştiinţele Pămîntului pun în evidenţă legi privind modificările şi echilibrul instabil al elementelor materiei terestre, modificări ce se desfăşoară sub influenţa variaţiilor condiţiilor de mediu, generate de acţiunea preponderentă a acelor agenţi fizici şi chimici puternici care sînt apa, presiunea şi căldura internă a globului.

Geologia descrie aspectul şi structura marilor asociaţii de roci care formează scoarţa terestră şi alcătuieşte tabloul transformărilor acestora în spaţiu şi

timp[1]. Cu studiul agregatelor minerale sau al rocilor se ocupă *petrografia*, care stabilește compoziția mineralogică, structura, geneza și evoluția acestora, ținînd seamă de modificările chimice, de fenomenele de cristalizare sau de deformare mecanică. *Mineralogia* și *cristalografia* aprofundează cercetările asupra mineralelor ce intră în constituția rocilor și — prin studiul mediului cristalin — pătrund pînă în structura atomică a stării solide.

Studiul principalelor orientări în dezvoltarea științelor mineralogice și cristalografice din secolul al XIX-lea ne va permite să stabilim caracterul de universalitate a acestor științe.

CONSECINȚELE DESCOPERIRILOR LUI ROMÉ DE L'ISLE ȘI HAÜY. La începutul secolului al XIX-lea, faima lui Haüy atinsese strălucirea deplină. Prin concepția sa asupra moleculei integrante, cristalografia depășise o etapă hotărîtoare, iar prin definirea speciilor a pus mineralogiei adevăratele ei baze.

Într-o lucrare remarcabilă asupra filozofiei mineralogice și asupra „speciilor minerale", apărută în 1801, Déodat Dolomieu dezvolta, într-o formă diferită de cea adoptată de Haüy, toate consecințele identității stabilite de acesta din urmă între conceptul de specie minerală și acela de moleculă integrantă. Desigur, în știința cristalelor mai subzistau încă numeroase dificultăți, însă Haüy trasase căi noi, creînd cu o mare siguranță o metodă de lucru a cărei forță se afirmă și astăzi.

În opera lui Haüy se găsesc două categorii de preocupări, strîns legate una de alta: pe de o parte, studiul structurii cristaline în sine și, pe de altă parte, observarea speciilor minerale, a modului lor de asociere în natură și a grupării lor (în roci sau minerale). Cei ce i-au continuat opera au dus mai departe cercetările în aceste două domenii, specializîndu-se însă în unul dintre ele. Începînd cu această epocă, au apărut, deci, primele subdiviziuni ale mineralogiei, bazate în esență pe proprietățile cristalografice și fizice ale mineralelor, pe proprietățile lor chimice, după tipul de zăcămînt și geneza lor.

A. CRISTALOGRAFIA GEOMETRICĂ ȘI STRUCTURA CRISTALINĂ

Prima ediție a lucrării *Traité de minéralogie* a lui Haüy (1801) a avut o influență precumpănitoare asupra cercetărilor din domeniul cristalografiei la începutul secolului al XIX-lea, fiindcă în această lucrare, căreia i-a dat o dezvoltare și mai mare în *Traité de cristallographie* (1822), Haüy analiza consecințele descoperirilor sale anterioare. Într-adevăr, în 1815 el stabilise *legea simetriei* pe baza unui mare număr de măsurători, care îl conduseseră la *legea descreșterilor*. Aceste două legi sînt rezultatul strădaniilor sale stăruitoare și încununarea unui remarcabil edificiu teoretic.

[1] Istoria geologiei secolului al XIX-lea este abordată în capitolul următor, de R. Furon.

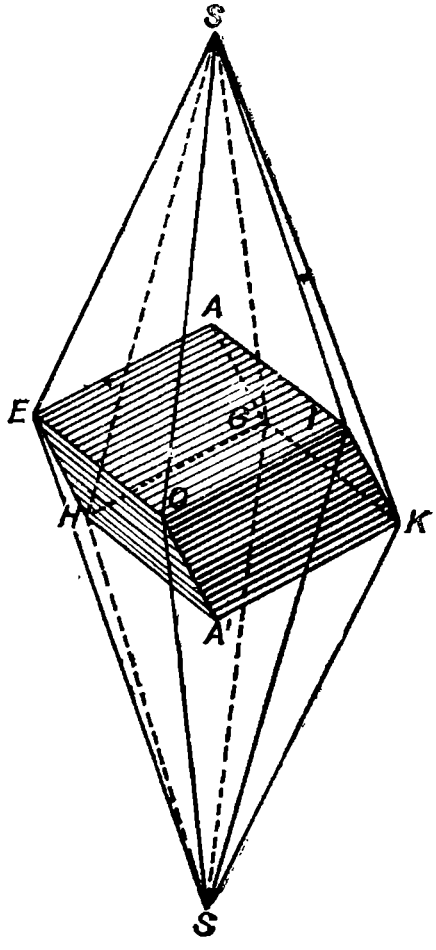


FIG. 13. NUCLEU ROMBOEDRIC DE CARBONAT DE CALCIU ÎNSCRIS ÎNTR-UN SCALENOEDRU (DUPĂ ATLASUL DIN *TRAITÉ DE MINÉRALOGIE* AL LUI HAÜY).

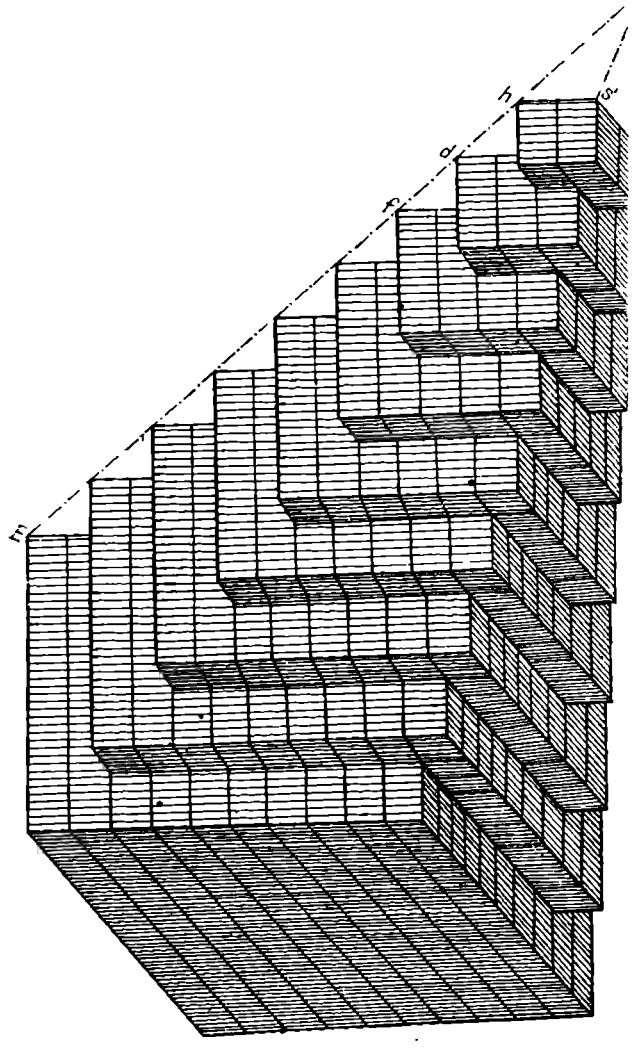


FIG. 14. EXEMPLU DE DESCREȘTERI ÎN TEORIA LUI HAÜY (TRECEREA DE LA NUCLEUL ROMBOEDRIC AL CARBONATULUI DE CALCIU LA SCALENOEDRU) (DUPĂ ATLASUL DIN *TRAITÉ DE CRISTALLOGRAPHIE*).

Cu toată claritatea sa, teoria lui Haüy nu a fost admisă fără rezerve de către cristalografi, în special de cei din școala germană. Aceștia au căutat o altă formulă, dedusă din *legea zonelor* a lui Weiss, bazată numai pe ideea, destul de abstractă, a sistemelor de simetrie. Astfel, în *Dynamische Ansicht der Krystallisation* (1804), Weiss distinge clase de cristale pe care le grupează în șapte sisteme, caracterizate prin diferențe în ceea ce privește axele de referință. Fețele cristalelor erau desemnate prin indici calculați după raporturile dintre segmentele pe care fețele le interceptau pe aceste axe.

De fapt, legea zonelor a lui Weiss exprimă, în realitate, legea lui Haüy, dar într-o formă mai puțin clară. Legea descreșterilor stabilind că muchiile unei forme cristaline trebuie să fie tăiate în raporturi simple și raționale de către fețele unei alte forme oarecare a aceluiași sistem, care se adaugă primei forme, a fost numită de cristalografii germani *legea rațională a indicilor* sau *legea raporturilor raționale ale parametrilor*, nume care i-a rămas și

acum. Această lege nu este, prin urmare, decît un corolar al ideii care stă la baza teoriei descreșterilor a lui Haüy, aceasta fiind, la rîndul ei, rezultatul observațiilor asupra clivajului, interpretate conform ipotezei atomistice.

Tocmai această bază fizică este cea care conferă fecunditate respectivei legi și pe care mineralogii germani au ezitat multă vreme să o admită. Ei nu luau în considerare decît forma exterioară a cristalelor, făcînd astfel din cristalografie o știință pur geometrică așa cum era ea pe timpul lui Romé de l'Isle[2].

Se constituiseră astfel două școli: una avînd ca bază legile fizicii, iar cealaltă manifestînd tendință geometrică; dezvoltîndu-se, concepțiile lor vor ajunge să se contopească, pentru a forma armoniosul edificiu actual.

MORFOLOGIA CRISTALINĂ. Între timp, toți mineralogii epocii acordau o atenție deosebită descrierii și clasificării formelor cristaline (morfologiei cristaline).

Importanța măsurării din ce în ce mai exacte a unghiurilor diedre ale cristalelor fiind recunoscută, oamenii de știință au apelat la tehnici mai riguroase decît aceea a goniometrului lui Carangeot. În 1809, W.H. Wollaston a făcut cunoscut goniometrul său cu reflexie, cu axă de rotație orizontală, și a determinat cu el unghiurile cristalelor de calcit. La rîndul lor, W. Philipps, folosind goniometrul lui Wollaston, și Étienne Malus, care prefera cercul cu repetiție (sau goniometrul cu ax vertical) al lui Borda, au făcut măsurători pe un anumit număr de cristale, găsind adesea diferențe însemnate față de datele lui Haüy. Cîțiva ani mai tîrziu, cristalografii au început să se folosească și de goniometrul cu reflexie al lui Babinet, prevăzut cu o lunetă cu distanță focală mică, care ușura măsurarea cristalelor de dimensiuni foarte reduse, pentru ca la sfîrșitul secolului al XIX-lea să apară și goniometrul cu două cercuri al lui V. Goldschmidt și E.V. Fedorov (1893), care făcea posibile măsurări și mai rapide.

În felul acesta, în secolul al XIX-lea, cristalografii au acumulat un foarte mare număr de date, care formau o bază indispensabilă pentru clasificarea formelor și a simetriilor cristaline, deci pentru elaborarea unei teorii a structurii edificiilor cristaline. Această operă însemnată a fost realizată cu o unitate remarcabilă între metodele de gîndire și confruntarea vederilor teoretice cu observația.

Așa cum a sesizat E. Mallard, interesul pe care l-au arătat reprezentanții școlii germane, în special Weiss, Rose și Naumann, aspectului geometric al cristalografiei a avut „consecințe fericite":

„Geometria, introdusă ca stăpînă în știință, a adus cu ea teoriile și procedeele sale. Calculele anevoioase ale lui Haüy au fost înlocuite prin calcule elegante și rapide, iar metodele ingenioase ale zonelor și ale proiecțiilor stereografice și gnomonice au venit să ajute gîndirea în descifrarea adesea dificilă a edificiului cristalelor complexe".

[2] Trebuie remarcat, totuși, că Weiss are meritul de a fi reliefat pentru prima dată ideea importanței *direcțiilor* pentru caracterizarea stării cristaline, idee exprimată astăzi prin termenul de *proprietăți vectoriale discontinue* ale mediului cristalin.

În 1808, J.J. Bernhardi a avut ideea de a nu mai lua în considerare fețele sau axele zonelor, așa cum făcuse Weiss, ci dreptele care, plecînd de la punctul central al sistemului, cad normal pe fețe. Mai tîrziu, în 1821, J. Haussmann introduce în calculele cristalografice trigonometria sferică. F.E. Neumann este acela care dezvoltă pe larg aceste idei; el folosește ca suprafețe de proiecție planul unei fețe favorabile a poliedrului cristalin, sau suprafața sferei al cărei centru era luat ca origine a normalelor pe fețe. Fețele cristalului sînt astfel reprezentate prin punctele de intersecție ale normalelor lor cu suprafața de proiecție *(Beiträge zur Krystallonomie*, 1823). Cu toate că au fost redescoperite în 1829 de J.G. Grassmann, metodele de proiecție și de notație propuse de Neumann nu au atras atenția cristalografilor decît atunci cînd W.H. Miller și F.A. Quenstedt le-au folosit din nou.

Bazîndu-se pe sistemele de notație cristalografică ale lui Lamé și, în special, pe acelea ale lui Whewell (1825), care nu cunoșteau lucrările lui Bernhardi și ale lui Weiss, Miller a dezvăluit avantajele proiecției stereografice cu atîta concizie și claritate, încît opera sa *Traité de cristallographie* (Londra, 1839; traducere franceză Paris, 1924) a eclipsat în scurtă vreme toate celelalte lucrări de același fel. Notația sa cristalografică este adoptată acum în mod universal, cu toate că mineralogii francezi au preferat un oarecare timp notația lui Armand Lévy (1837), bazată pe considerarea formelor primitive ale lui Haüy.

În 1830, J.F.Ch. Hessel a arătat că în poliedrele cristaline nu pot exista decît 32 de feluri de simetrie și că sînt posibile numai axele de simetrie de ordinul 2, 3, 4 și 6. Dar această descoperire n-a fost făcută cunoscută cu adevărat decît în 1891, de către L. Sohncke.

STRUCTURA CRISTALINĂ. Cristalele nu sînt niște entități geometrice abstracte. Forma pe care o au este expresia materializată a structurii lor.

Revenind la modul de gîndire al lui Haüy, la începutul lucrărilor sale, G. Delafosse (1796—1878) a arătat că trebuie făcută o distincție între molecula integrantă și molecula chimică. El a cercetat raporturile dintre formă și structură, creînd noțiunea de *rețea cristalină*, conținută implicit în concepțiile lui Haüy.

Într-adevăr, reluînd raționamentul lui Haüy asupra clivajului, el stabilește că „în interiorul cristalului, moleculele sînt spațiate simetric, astfel că, în ansamblul lor ele prezintă un fel de configurație în șah sau, mai exact, imaginea unei rețele continue cu ochiuri paralelipipedice"; și mai departe, atrage atenția că „molecula integrantă a lui Haüy nu este altceva decît cel mai mic paralelipiped pe care-l formează între ele moleculele vecine și care-i marchează vîrfurile. Cu alte cuvinte, molecula integrantă nu este decît reprezentarea micilor spații intermoleculare sau a ochiurilor rețelei cristaline. Ea este deci perfect distinctă de molecula fizică care poate avea — și are adesea, de fapt, — o cu totul altă formă. Molecula fizică este adevăratul element atomic al corpului, în afara oricăror considerații asupra stării cristaline, în timp ce particula integrantă nu este decît elementul structurii lui geometrice, atunci cînd corpul se prezintă în această stare particulară..."

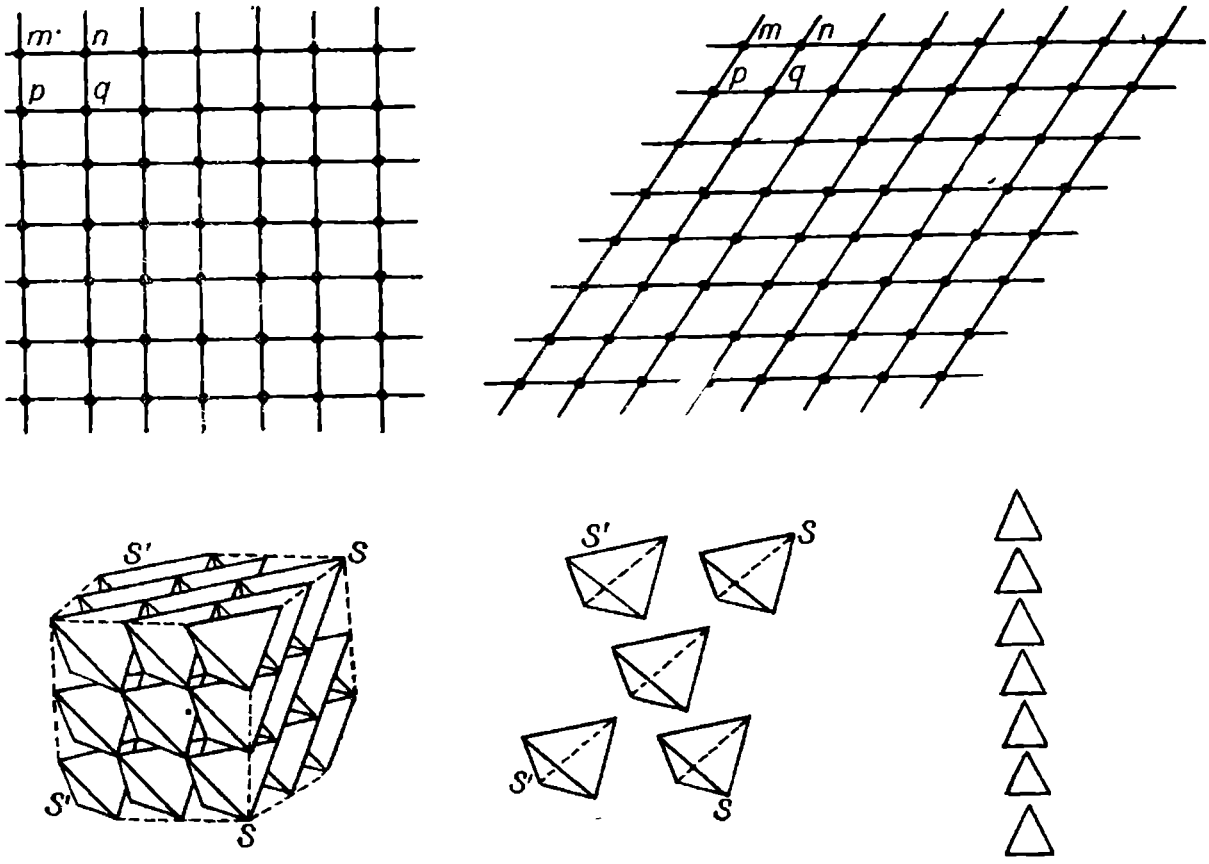


FIG. 15. REȚEAUA CRISTALINĂ A LUI DELAFOSSE.
ȘIRURI DE MOLECULE A CĂROR SIMETRIE ESTE INFERIOARĂ CELEI A REȚELEI (EXPLICAȚIA HEMIEDRIEI BORACITULUI). CELE DOUĂ EXTREMITĂȚI ALE UNEI AXE TERNARE A CUBULUI DE BORACIT NU SÎNT IDENTICE DIN PUNCT DE VEDERE FIZIC (G. DELAFOSSE, *RECHERCHES SUR LA CRISTALISATION*, 1843).

„Moleculele sînt fixate în punctele la care ne referim (nodurile rețelei) nu într-un mod imuabil, ci într-o stare de echilibru mai mult sau mai puțin stabilă..." „*De la structure des cristaux*, 1840; *Recherches sur la cristallisation considérée sous les rapports physiques et mathématiques*, 1843).

Delafosse înlocuiește deci conceptul de continuitate a materiei (admis implicit de Haüy) cu conceptul de discontinuitate și, încercînd să atingă realitatea moleculei fizice prin dispoziția atomilor care o constituie, el pătrunde mai adînc decît Haüy în însăși „esența" cristalului, dînd astfel un nou avînt cristalografiei.

Într-adevăr, el stabilește ce influență au asupra rezultatului final al cristalizării diferitele forme pe care le pot prezenta moleculele. Această influență este suficientă pentru a explica pretinsele excepții de la legea simetriei la anumite specii de minerale, ca pirita, boracitul, turmalina, cuarțul etc; ea arată, de asemenea, că două sisteme cristaline diferite pot avea forme comune, fiindcă adevărata lor deosebire se bazează pe diferențele de structură, la scara moleculară. Convins de importanța teoriei atomice, Delafosse critică caracterul exclusiv geometric al teoriei școlii germane, precum și filozo-

fia metafizică a „dinamiștilor" pe care Weiss își baza teoria geometrică, filozofie în totală contradicție cu atomismul.

Opera lui G. Delafosse formează, prin urmare, o etapă hotărîtoare în dezvoltarea cristalografiei secolului al XIX-lea. Cu toate acestea, perseverența și cercetările sale profunde au fost eclipsate de sclipitoarea operă a lui August Bravais (1811—1863), cărua îi revine meritul de a fi dat primele amănunte în legătură cu dezvoltarea teoriei grupărilor reticulare și cu aparatul matematic care făcea posibilă precizarea caracterelor acestora.

Într-o lucrare din 1848, Bravais studiază, mai întîi din punct de vedere pur geometric, structura și simetria corpurilor cristalizate, reducînd fiecare moleculă la centrul ei de greutate și fiecare cristal la o grupare de puncte. Este interesant de notat că ceea ce-l conduce pe Bravais la cercetarea proprietăților generale pe care le are o grupare regulată de puncte în spațiu sînt tocmai problemele de organizare a lumii vegetale, în special modul de dispoziție a frunzelor în jurul tulpinii.

Stabilind legile care guvernează raporturile dintre simetria moleculei cristaline și simetria rețelei aleasă de ea, el distinge 32 de clase de simetrie cristalină, repartizate în șapte tipuri de grupări reticulare, care corespund celor șapte sisteme cristaline ale lui Haüy și celor 32 de tipuri de poliedre cristaline ale lui Hessel.

Bravais arată că „fenomenul de clivaj și acela al apariției, mai mult sau mai puțin frecvente, a cutăror sau cutăror fețe sînt strîns legate de *densitatea învelișului reticular al fețelor*". Această „lege a lui Bravais" s-a dovedit extrem de fructuoasă; corespunzînd unei realități obiective a mediilor cristaline, ea dă posibilitatea descoperirii legilor care reflectă legătura dintre proprietățile fizice și cele geometrice ale acestor medii.

În *Études cristallographiques* (1851), Bravais se ocupă de studiul fenomenelor generale care depind de moleculă. El precizează că aceasta este un sistem de puncte, un adevărat poliedru, înzestrat, ca și cristalul însuși, cu planuri de simetrie, axe de simetrie etc., că unei simetrii moleculare determinate îi corespunde o structură cristalină de asemenea determinată și, în fine, că simetria preexistentă în poliedrul molecular este cauza simetriei care se observă în gruparea cristalină. Acest fapt explică fenomenul de „hemiedrie", cum l-a denumit cel dintîi Delafosse.

Teoria lui Delafosse și a lui Bravais considera că mediul cristalin este riguros omogen și că moleculele constituente sînt toate orientate în același fel. Această teorie nu se potrivea însă prea bine cu anumite fapte, cum ar fi polarizarea rotatorie sau cu existența în mai multe substanțe a cristalelor dextrogire și levogire, asemănătoare cu cele pe care tocmai le studia Pasteur. Era deci necesar ca, pentru a o completa, să se admită prezența în structura cristalină, pe lîngă poliedre moleculare, de orientări diferite și superpozabile, și a unor poliedre care nu se puteau suprapune prin operațiile de simetrie admise în mod obișnuit.

Bazîndu-se pe aceste considerații, matematicianul francez C. Jordan (în 1869, apoi L. Sohncke (în 1879 și 1888), A. M. Schoenflies *(Krystallsysteme und Krystallstruktur*, 1891), E. V. Fedorov (în 1885 și 1895), William Bar-

low (începînd din 1888) şi Pierre Curie, şi-au propus să studieze toate combinaţiile de obiecte regulat distribuite într-un spaţiu nedefinit, compatibile cu exigenţele omogenităţii cristaline. Pentru a rezolva problema, era necesar să se lărgească condiţiile de simetrie stabilite de Bravais şi să se ia în considerare existenţa nu numai a axelor de simetrie de ordinul 2, 3, 4 şi 6, a centrelor sau a planurilor de simetrie, ci şi a axelor helicoidale şi a planurilor de alunecare sau de simetrie translatorie.

Această teorie a structurii a fost complet fundamentată din punct de vedere matematic de Schoenflies şi Fedorov, care au stabilit existenţa a 230 de grupe de simetrie sau de grupe spaţiale. Cu toate acestea, aplicarea acestei teorii la realitatea fizică pe care o constituie mediul cristalin conducea la un impas, dacă teoreticienii se mărgineau la concepţia poliedrelor moleculare (Bravais, Mallard) sau la aceea de particulă cristalină complexă, definită de Wallerant, pe baza datelor furnizate de teoria lui Schoenflies asupra întrepătrunderii *reţelelor congruente* (ale grupelor spaţiale) şi asupra noţiunii de *domeniu fundamental* (parte a spaţiului cristalin în interiorul căruia nu există nici un element de simetrie).

În 1904, Georges Friedel făcea remarca că această concepţie se baza pe două feluri de acţiuni între diferitele particule materiale: afinitatea (care grupează atomii în molecule) şi coeziunea cristalină (care grupează moleculele în cristal). În loc să menţină diferenţa aşa de netă între aceste două acţiuni, Friedel a preferat să ia în considerare, în interiorul moleculei cristaline, un model eterogen, compus din particule dispuse la distanţe variate. Reţeaua este în acest caz un edificiu geometric care se construieşte plecînd de la un punct oarecare al mediului şi care rămîne totdeauna acelaşi, indiferent de punctul ales. La scara distanţelor atomice, omogenitatea dispare, fiindcă nu se mai poate considera că toate punctele edificiului cristalin sînt identice între ele.

Teoria structurii cristaline ajunsese deci la un grad înalt de perfecţiune. Cu toate acestea, nimic nu lăsa să se întrevadă că s-ar fi putut descoperi vreodată secretul modului de aranjare a materiei în interiorul modelului cristalin. Mai departe vom vedea că o dată cu descoperirea difracţiei radiaţiilor X în cristale (von Laue, 1912) secolul al XX-lea a adus şi verificarea experimentală a teoriei reticulare.

MACLE ŞI EDIFICII CRISTALINE COMPLEXE. În afară de cristale, care sînt structuri cristaline omogene, există un mare număr de structuri cristaline complexe (sau *macle*), compuse din mai multe părţi omogene, asociate şi orientate unele în raport cu altele după legi bine determinate.

Cea mai mare parte a vechilor mineralogi credeau că aceste produse naturale rezultă din alipirea a două jumătăţi de cristale rotite una faţă de cealaltă (noţiunea de hemitropie). În realitate, o asemenea grupare corespunde unui adevărat edificiu cristalin unic. Dar legea generală a maclelor, bănuită de Haüy, enunţată pentru cîteva cazuri de Bravais, extinsă la numeroase cristale microscopice de E. Mallard şi dezvoltată de F. Wallerant pe baza consideraţiilor

asupra elementelor de simetrie limită (1899), nu a fost formulată în întregime decît de G. Friedel în 1904. Maclele obţinute pe cale mecanică, descoperite de Reusch în 1867 şi studiate apoi de Baumhauer şi Mügge, sînt identice cu cele care se produc prin cristalizare şi pun în evidenţă aceeaşi lege generală.

B. PROPRIETĂŢILE FIZICE ALE MINERALELOR

1. Proprietăţile optice ale cristalelor

DUBLA REFRACŢIE. În 1672, E. Bartholin a publicat descoperirea sa privind dubla refracţie a spatului de Islanda. În 1674 Huygens explică acest fenomen prin teoria „ondulaţiilor". Experienţa cu cei doi romboedri de spat, pe care a imaginat-o el, şi observarea proprietăţilor celor patru imagini ale sursei astfel obţinute, în funcţie de poziţiile relative ale celor doi romboedri, l-au făcut să întrevadă starea particulară a luminii celor două raze refractate (starea de „polarizaţie" după expresia folosită de el în *Traité de la Lumière*, 1690). Acest fapt părea de neîmpăcat cu ipoteza vibraţiilor în sensul razei, dar iată că Newton ajunge la concluzia că o rază de lumină este constituită din molecule înzestrate cu un fel de „polaritate".

Cunoaşterea relaţiilor intime care există între simetria cristalelor şi proprietăţile lor birefringente nu s-a realizat însă decît încetul cu încetul, în decursul secolului al XIX-lea.

Malus descoperă polarizarea prin reflexie (1808) şi, reluînd ideea lui Newton, asimilează „molecula luminoasă" cu un magnet, în sensul că ea capătă poli şi o direcţie determinată. El construieşte mai multe aparate pentru a studia polarizarea prin reflexie sau prin dublă refracţie. Observaţiile sale pe diferite cristale duc la concluzia că cele două raze refractate sînt respectiv polarizate în plane perpendiculare între ele.

În 1811, Arago şi David Brewster descopăr, independent unul de altul, polarizarea cromatică a lamelor cristaline subţiri, punînd astfel la dispoziţia mineralogiei o metodă foarte sensibilă de detectare a birefringenţei.

J.B.Biot şi D. Brewster examinează proprietăţile optice ale unui mare număr de cristale. Biot face distincţie între cristalele uniaxe şi biaxe, pozitive şi negative, iar Brewster şi Wollaston sînt cei care descoperă figurile de interferenţă care fac posibilă caracterizarea fără dificultăţi a acestor cristale.

Aceste cercetări, care dovedeau legătura dintre proprietăţile optice şi geometrice ale mediului cristalin, au făcut obiectul unui important studiu semnat de Brewster: *On the Laws of Polarisation and Double Refraction in Regulary Crystallised Bodies* (1818). Studiind numeroase exemple şi stabilind legătura dintre caracterele optice şi „forma primitivă" a cristalelor, acesta a subliniat cîteva dintre erorile lui Haüy, în special în cazul gipsului. El a formulat o corelaţie satisfăcătoare între forma şi proprietăţile optice ale cristalelor izotrope şi anizotrope, fără să poată ajunge însă la o soluţie completă pentru cazul substanţelor biaxe.

Bazîndu-se pe teoria ondulatorie a luminii, Fresnel reuşeşte să explice într-un mod strălucit corelaţiile dintre proprietăţile studiate de Brewster, Biot şi Arago. Lucrarea sa, *Mémoire sur la double réfraction* (1827), a jucat un rol fundamental în dezvoltarea opticii cristaline teoretice. În felul acesta, într-un interval de 15 ani, studiul metodic al proprietăţilor optice ale cristalelor a reuşit să atingă o înaltă treaptă de perfecţiune.

Pe baza studierii cristalelor perfecte, constituite din mai multe feluri de molecule (cristale mixte, numite *izomorfe*), de Sénarmont a arătat, în 1851, că sărurile izomorfe din punct de vedere chimic şi geometric pot avea proprietăţi optice foarte diferite care variază continuu în funcţie de proporţia sărurilor în amestec. Experienţele sale sintetice au avut ca obiect cercetarea cauzelor instabilităţii proprietăţilor optice la anumite grupe naturale de minerale, cum sînt cele ale micelor şi topazului şi observaţiile sale asupra axelor optice ale micelor i-au confirmat previziunile.

În Franţa, adevăratul propagator al metodelor optice a fost des Cloizeaux. El a adus perfecţionări microscopului lui Amici şi celui al lui Nörrenberg, foarte primitive şi incomode, şi, în trei mari lucrări (1857, 1858 şi 1869), a analizat proprietăţile optice a 468 minerale sau săruri. Completînd lucrările lui Grailich şi von Lang, el a studiat dispersia în lumină albă a cristalelor biaxe monoclinice, dînd definiţia celor trei moduri de dispersie: oblică, orizontală şi încrucişată.

Dezvoltînd cercetările lui de Sénarmont asupra proprietăţilor optice ale seriilor izomorfe, el a insistat asupra importanţei pe care aceste proprietăţi o au pentru definirea speciilor minerale, îndeosebi pentru grupul feldspaţilor, de care s-a ocupat mai mult de 20 de ani. Opera lui des Cloiseaux reprezintă temelia trainică a litologiei moderne. Determinările făcute cu perseverenţă de acesta asupra secţiunilor groase cu orientare cunoscută au dat posibilitatea abordării şi dezvoltării studiului rocilor în secţiuni subţiri, cu o orientare oarecare.

POLARIZAREA ROTATORIE. În 1812, Biot observă la cuarţ anumite efecte de polarizare, care păreau a se datora unei rotaţii a planului de polarizare a luminii incidente dar, fiind partizan al teoriei corpusculare a luminii, nu poate da o explicaţie raţională acestui fenomen. Fresnel este acela care, pe baza teoriei ondulatorii, formulează o explicaţie completă asupra polarizării rotatorii. Anul următor, Biot, studiind polarizarea rotatorie la diverse cristale şi lichide organice, stabileşte existenţa a două sensuri de rotaţie (la dreapta şi la stînga) şi enunţă legea care leagă unghiul de rotaţie cu direcţia urmată de lumină, cu grosimea substanţei traversate şi cu lungimea de undă.

J. Herschel, bănuind că această rotaţie optică se datora unui defect de simetrie al formei şi structurii, a stabilit că cristalele de cuarţ prezentau adesea feţe trapezoidale (feţele plagiedre ale lui Haüy), astfel aşezate încît feţele aparţinînd unor anumite cristale sînt imagini, în raport cu un plan, ale feţelor care întretaie alte cristale. El a arătat relaţia care există între acestă dispoziţie şi rotaţia luminii, la dreapta sau la stînga, produsă de cristal. Există deci o legătură între polarizarea rotatorie şi structura cristalină. Polarizarea

rotatorie a cuarţului şi cea a cloratului de sodiu fuseseră studiate de doctorul Marbach; des Cloizeaux descoperă polarizarea rotatorie a cinabrului şi a sulfatului de stricnină.

Polarizarea rotatorie în soluţiile anumitor săruri organice ar fi rămas însă un fenomen fizic străin cristalografiei, dacă descoperirile lui Pasteur în legătură cu acizii tartrici şi cu tartraţii n-ar fi stabilit relaţia dintre această proprietate manifestată de soluţiile acestor corpuri şi formele particulare pe care le prezintă în stadiul de cristale (1848—1852).

Bazîndu-se pe descoperirile lui Biot şi Arago, precum şi pe acelea ale lui Herschel, Pasteur a cristalizat tartratul dublu de sodiu şi de amoniu, care în soluţie nu este activ din punct de vedere optic, obţinînd două familii de cristale, ale căror forme nesuperpozabile (enantiomorfe) erau imaginile lui reciproce într-o oglindă. După ce a separat meticulos, cu ajutorul lupei, cristalele hemiedre dextrogire de cele levogire, el a constatat că primele deviau totdeauna la dreapta planul de polarizare a luminii, iar ultimele mereu la stînga. Izolînd acizii celor două grupe de tartraţi, Pasteur a stabilit că, în soluţie, acizii prezentau rotaţii de semne contrare, şi, amestecîndu-i în cantităţi egale, el a reprodus acidul inactiv.

Pasteur a emis atunci ipoteza că aranjamentul atomilor din moleculele acestor doi compuşi era şi el enantiomorf[3].

Variind condiţiile experienţelor sale asupra dedublării tartraţilor, el a arătat posibilitatea de a se produce artificial un corp dextrogir cu ajutorul corpului levogir corespunzător, şi invers.

MODIFICAREA PROPRIETĂŢILOR OPTICE SUB ACŢIUNEA CĂLDURII. Experienţele lui Brewster şi ale lui Mitscherlich arătaseră că la anumite cristale unghiul feţelor, unghiul axelor optice şi orientarea planului lor variau cu temperatura la care erau supuse cristalele. Neumann a subliniat această proprietate pentru gips şi pentru borax. Des Cloizeaux, extinzîndu-şi observaţiile asupra tuturor corpurilor biaxe pe care le studiase, a stabilit, de exemplu, că ortoza suferă o modificare asemănătoare, care devine permanentă atunci cînd temperatura depăşeşte 700°C, observaţie cu atît mai interesantă cu cît anumite roci vulcanice conţin acea varietate de ortoză pe care el a denumit-o ortoză deformată.

Alte minerale, care conţin pămînturi rare (ortitul, gadolinitul, euxenitul etc.), devin incandescente la o temperatură determinată. Des Cloizeaux le-a desemnat sub numele de minerale pirognomice şi, în colaborare cu Damour, a studiat acest fenomen, împreună cu variaţia proprietăţilor optice care îl însoţeşte. În secolul al XX-lea, se va arăta că proprietăţile particulare ale acestor minerale (numite metamicte de Brögger în 1893) sînt legate de prezenţa elementelor radioactive.

POLICROISMUL ŞI COLORAREA CRISTALELOR. În 1819, Brewster începe studiul sistematic al absorbţiei luminii în cristale. El a arătat că într-un cristal uniax absorbţia este minimă în direcţia axei optice şi maximă în direcţia

[3] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui J. Jacques (p. 336).

normală pe această axă, fără să reuşească însă să descopere legile complicate ale absorbţiei în cristalele biaxe.

Cea mai mare parte a observaţiilor asupra policroismului erau făcute în acea vreme cu ajutorul a două imagini polarizate în unghi drept, pe care le dădea lupa dicroscopică a lui Haidinger.

Primele experienţe asupra policroismului cristalelor colorate artificial le datorăm lui de Sénarmont (1854), care a arătat că o substanţă colorată, răspîndită în reţeaua cristalină şi străină atît faţă de compoziţia cît şi de structura acestei reţele, putea să o facă extrem de policroică, cum este cazul turmalinelor.

În ceea ce priveşte originea coloraţiei naturale a mineralelor, se credea, în general, încă de pe vremea lui Haüy, că diferitele culori accidentale ale mineralelor silicatate, în special ale pietrelor preţioase, s-ar datora prezenţei unor oxizi metalici (de crom, fier, mangan etc.). Mai tîrziu, alţi autori (Lévy, Fourent, Jannettaz) au emis ipoteza unor substanţe colorante de origine organică, de tipul bitumenelor, ipoteză care, cu cîteva rare excepţii, s-a dovedit a fi falsă.

ANOMALIILE OPTICE. Aplicarea metodelor optice la studiul mineralelor punea deci un nou instrument la dispoziţia mineralogilor. Cu toate acestea, se mai întîlneau încă cazuri de dezacord între teorie şi experienţă. Anumite substanţe cu simetrie cubică manifestau o birefringenţă categorică. Altele se dovedeau a fi biaxe, atunci cînd simetria lor nu lăsa să se prevadă decît un singur ax. În timp ce R. Brauns (1891) grupa totalitatea faptelor cunoscute, E. Mallard arăta că cristalele anomale se compuneau din părţi distincte avînd o simetrie inferioară aceleia a ansamblului, însă astfel aranjate încît să formeze un edificiu mai simetric.

Mallard a cercetat şi el cauza acestei grupări. Pasteur arătase deja că atunci cînd o specie minerală este capabilă să dea naştere unor cristale aparţinînd la două sisteme distincte, forma cea mai simetrică este o formă limită sau apropiată de cealaltă. Extinzînd noţiunea de *simetrie limită* la grupările reticulare, Mallard a dedus din ea o explicaţie a maclelor şi a făcut pe baza ei o încercare de a explica *polimorfismul.*

2. Alte proprietăţi fizice

DENSITATE. DURITATE. DILATARE. Ch. Deville a arătat că mineralele silicatate pierd 6 pînă la 10% din densitatea lor iniţială, atunci cînd trec din stare cristalină în stare sticloasă, de unde se impunea concluzia că actul cristalizării este însoţit de o condensare enormă a materiei.

Din studiile lui Huygens şi ale mai multor savanţi germani (M.L. Frankenheim, Seebeck, F. Neumann, L. Sohncke, Franz şi J. Grailich) se ştia că duritatea, măsurată în general cu ajutorul *sclerometrului*, nu are aceeaşi valoare în toate sensurile unui cristal şi că variaţiile ei de mărime sînt legate de simetrie. În 1865, Huygens a dat o definiţie mai exactă a acestei proprietăţi, sta-

bilind noi metode de determinare, precum și distincția dintre coeziunea (sau duritatea) normală și cea tangențială.

Lui Fizeau i se datorește o serie de lucrări remarcabile (1866) în ceea ce privește modificările pe care căldura le produce asupra volumului și proprietăților optice ale corpurilor solide. El a arătat că în sistemele cu mai mult de o axă de simetrie există trei direcții principale (axe termice), care se confundă cu axele de elasticitate optică și cu axele cristalografice.

CONDUCTIBILITATEA TERMICĂ ȘI ELECTRICĂ. Făcînd să se topească treptat un strat subțire de ceară nouă, depus pe suprafața unor lame cristaline de orientări diferite, Sénarmont a constatat că conductibilitatea termică este legată de simetria structurii cristaline (1847). Von Lang (1866) și E. Jannettaz (1873) extind cercetările la numeroase cristale. Astfel s-a ajuns la noțiunea de suprafață izotermă, ale cărei elemente de simetrie corespund elementelor de simetrie ale cristalului, ca și în cazul proprietăților optice. Într-o manieră analogă, Sénarmont, folosind un dispozitiv ingenios, a demonstrat o corelație asemănătoare și pentru conductibilitatea electrică (1849).

PIROELECTRICITATEA ȘI PIEZOELECTRICITATEA. Haüy observase că turmalina și boracitul se electrizează prin încălzire, și că apariția electricității libere părea să aibă o legătură cu anumite părți ale cristalului. P. Riess și G. Rose (1843) au introdus noțiunea de axe electrice și de poli de semn contrar, în timp ce Delafosse a stabilit legătura dintre polaritatea electrică și concepția sa a șirurilor de molecule hemiedrice în structura cristalină.

Descoperirea piezoelectricității de P. și J. Curie (1881) aduce o confirmare a acestei idei, fiindcă se dovedea că o presiune sau o tracțiune exercitată în direcția unei axe electrice dezvoltă electricitate întocmai ca și o schimbare de temperatură.

MAGNETISMUL ȘI DIAMAGNETISMUL. Proprietățile magnetice ale mineralelor au făcut, în secolul al XIX-lea, obiectul unor cercetări speciale datorate, în primul rînd lui Delesse și lui Edmond Becquerel. Într-o lucrare asupra magnetismului polar al mineralelor și al rocilor (1849), Delesse a arătat că multe minerale neferoase sînt magnetice și că, într-un cristal, distribuția polilor nu are nici o legătură cu axele lui cristalografice. Studiind acțiunea magnetismului asupra tuturor corpurilor, Becquerel a ajuns să facă apel la acțiunea mediilor înconjurătoare pentru a explica fenomenele magnetice.

FOSFORESCENȚA ȘI FLUORESCENȚA. Aceste proprietăți, observate cu mult timp în urmă, au făcut obiectul unor remarcabile cercetări ale lui Edmond Becquerel. Cu ajutorul unui aparat special, fosforoscopul, el a arătat că durata fosforescenței variază foarte mult de la un corp la altul și a emis ipoteza că fluorescența nu este decît o fosforescență de durată extrem de scurtă. Cercetările ulterioare au arătat justețea acestei concepții.

COROZIUNEA ŞI CREŞTEREA CRISTALELOR. Pentru a determina simetria anumitor cristale, în cazul cînd le lipseau alte metode, unii autori au folosit relaţiile de simetrie care apar între figurile de coroziune formate de anumite feţe ale cristalului studiat şi elementele de simetrie ale acestuia (Leydolt, 1854; F. Becke, H. Baumhauer, începînd din 1869; L. Lavizzari, 1865).

Printre primele cercetări privind creşterea cristalelor şi condiţiile de dezvoltare a feţelor cristaline, trebuie semnalate acelea ale lui P. Curie asupra formării cristalelor şi a constantelor capitale ale diferitelor lor feţe, precum şi lucrările lui M. Websky, A. Scacchi, H.A. Miers asupra „feţelor vicinale".

C. PROPRIETĂŢILE CHIMICE ALE MINERALELOR. CRISTALOGRAFIA CHIMICĂ

Cercetările referitoare la compoziţia chimică a mineralelor s-au dezvoltat în cursul secolului al XIX-lea, în legătură cu studiul combinaţiilor chimice şi cu determinarea formulelor lor atomice. Totuşi, încă din secolul al XVIII-lea, M.A. Cappeler reprodusese formele cristaline ale mai multor substanţe artificiale, iar Romé de l'Isle descrisese mai multe produse chimice cristalizate şi arătase că sulfatul de cupru şi sulfatul de fier se puteau amesteca pentru a cristaliza (1772).

Nicolas Le Blanc (1742—1806), vestit prin descoperirea primului procedeu de extragere a sodei din clorura de sodiu, a studiat, împreună cu Vauquelin, condiţiile de cristalizare a mai multor săruri şi a remarcat că — aşa cum se întîmplă cu alaunul — forma cristalelor depindea de natura soluţiei (alcalină sau neutră) în care luau naştere şi că pe de altă parte se putea înlocui fie o parte din alumină prin sescvioxid de fier, fie potasa prin amoniac.

IZOMORFISMUL. Haüy era de părere că fiecare substanţă chimică are modul său particular de cristalizare şi că toate formele ei derivă dintr-o singură formă iniţială. Prestigiul său era aşa de mare, încît acest principiu era admis de toată lumea, în ciuda numeroaselor excepţii înregistrate între timp. Goniometrul cu reflexie al lui W.H. Wollaston (1809) oferea posibilitatea măsurării unghiurilor cu o aproximaţie de un minut, însă Haüy refuza să ia în considerare noile măsurători care nu erau în acord cu supoziţiile sale.

În acest timp (în 1815), J.N. von Fuchs arăta că gehlenitului ($Ca_2Al_2SiO_7$) i se putea atribui o formulă simplă, dacă se presupunea că mai multe metale bivalente se puteau înlocui reciproc în cristal. În 1817, el publica rezultatul observaţiilor sale asupra calcitului şi aragonitului (cele două forme ale $CaCO_3$) şi stabilea marea asemănare dintre carbonaţii metalelor bivalente (Sr, Ba, Pb) şi aragonit şi analogia $NaNO_3$ cu calcitul. Cu cîţiva ani înainte Klaproth (1788), apoi Fourcroy şi Vauquelin (1804), stabiliseră identitatea compoziţiei chimice a aragonitului cu aceea a calcitului.

În 1818, F.S. Beudant observa că anumite perechi de compuşi, ca sulfaţii de fier şi de zinc, puteau da naştere la cristale omogene („cristalele mixte"),

cu o compoziţie intermediară, dar care luau cînd forma uneia dintre săruri, cînd forma celeilalte.

Meritul esenţial al descoperirii *izomorfismului* şi a *polimorfismului* revine însă lui Eilhard Mitscherlich (1794—1863). Dezvoltînd cercetările lui Beudant, între 1818 şi 1819, el a studiat împreună cu Rose, cu ajutorul goniometrului lui Wollaston, formele diferitelor cristale artificiale. Apoi, Berzelius l-a invitat să vină ca să lucreze la Stockholm unde, în 1821, şi-a publicat prima sa lucrare importantă asupra izomorfismului şi polimorfismului[4].

După definiţia dată de Mitscherlich — care se baza pe rezultatele cercetărilor sale asupra sincristalizării arseniaţilor şi fosfaţilor de potasiu şi amoniu — doi compuşi sînt *izomorfi* atunci cînd, avînd acelaşi tip şi aceeaşi formulă a compoziţiei chimice, au şi forme cristaline sensibil egale, astfel încît cristalizează în acelaşi sistem, în forme ale căror unghiuri diferă foarte puţin.

După modul de exprimare al epocii, compuşii izomorfi cu acelaşi tip de combinaţie au, datorită acestui fapt, molecule fizice cu forme analoge, care se pot înlocui reciproc şi amesteca în toate modurile atunci cînd cristalizează împreună (1820).

Cea mai mare parte a chimiştilor şi a mineralogilor au luat acest principiu drept călăuză în discutarea şi calculul analizelor mineralelor complexe. Auguste Laurent (1845) a extins chiar acest principiu, admiţînd că izomorfismul putea depăşi limitele sistemelor cristaline. El a luat, de altminteri, în considerare şi posibilităţile de înlocuire dintre diferiţii oxizi metalici, în mineralele care îi conţin. Această perspectivă a primit, printre altele, şi adeziunea lui Rammelsberg.!

Opera lui Mitscherlich a provocat, totuşi, critici ascuţite, fiindcă în loc să considere izomorfismul ca expresia unei strînse înrudiri fizico-chimice acesta a fost transformat pe loc într-o lege conform căreia două corpuri care întruneau una dintre condiţiile enunţate le întruneau aproape obligatoriu şi pe celelalte două; acest punct de vedere a atras după sine numeroase dificultăţi şi discuţii.

Cu toate acestea, noţiunea de izomorfism a dat posibilitatea de a se interpreta mai bine compoziţia chimică complexă a unui mare număr de minerale, de a li se atribui acestora o formulă simplă, prin gruparea unora dintre constituenţii lor, potrivit cu ideea substituţiei izomorfe a elementelor chimice, şi de a le constitui în serii izomorfe de minerale.

De exemplu, J.F.C.Hessel (1826) şi, după el, G. Tschermak (1865) au arătat că seria feldspaţilor plagioclazi putea fi considerată ca o serie continuă de cristale mixte produse prin amestectul a doi termeni extremi (albitul şi anortitul) izomorfi. Această concepţie a avut o mare valoare în studiul rocilor cristaline, fiindcă mineralele din această serie constituie aproape 40% din scoarţa terestră.

[4] A se vedea în legătură cu acest subiect studiul lui J. Jacques (p. 317—318).

În paralel, au fost continuate studiile asupra variației proprietăților fizice, în special în ceea ce privește densitatea și proprietățile optice, în funcție de compoziția chimică a cristalelor mixte (Max Schuster, 1881; A. Michel-Lévy, 1877 și 1894; Fouqué, 1894).

DIMORFISMUL. POLIMORFISMUL. Mitscherlich constatase că anumite combinații chimice aveau proprietatea de a cristaliza sub două forme diferite, în condiții deosebite, astfel că, în fiecare caz de dimorfism, există două corpuri cu aceeași compoziție chimică, care se deosebesc însă, prin sistemul de cristalizare. Mineralogii remarcaseră deja că, în anumite cazuri de dimorfism, una dintre cele două forme cristaline observate constituia o limită apropiată de cealaltă formă, corespunzătoare unor ușoare modificări ale valorii elementelor care o determină. Pasteur a dovedit larga generalitate a acestui fapt (1848) și a descoperit numeroase exemple de dimorfism la substanțele artificiale active.

Începînd cu perioada în care Klaproth evidenția cele două forme sub care cristalizează carbonatul de calciu (calcitul romboedric și aragonitul ortorombic) au fost descoperite numeroase cazuri de dimorfism și polimorfism. M. L. Frankenheim a arătat că sub influența anumitor agenți, cum ar fi căldura, structura cristalină se poate modifica. În felul acesta, domeniul de cercetare a fost lărgit, realizîndu-se în acest sens numeroase descoperiri de către Lehmann, Mallard, Wyrouboff, Gernez etc.

HOMEOMORFISMUL. În afara cazurilor de izomorfism propriu-zis, două minerale pot prezenta o asemănare în ceea ce privește forma, comparabilă pe de-antregul cu aceea a substanțelor cu adevărat izomorfe, fără să aibă totuși o compoziție atomică asemănătoare. Acest fapt a atras atenția unor mineralogi celebri, ca Dana, Brooke, Miller, Naumann, Delafosse etc.

Acestui fel de izomorfism pur geometric i s-a dat în secolul al XIX-lea numele de homeomorfism sau de plesiomorfism, pentru care mai tîrziu F. Rinne a propus numele de izotipie.

Problema relațiilor dintre compoziția cristalelor mixte, formate din două sau mai multe corpuri izomorfe, și mediu (soluție sau magmă topită) a făcut obiectul unor cercetări foarte precise ale lui B. Roozeboom (1891). Muthmann și Kuntze (1894), Fock (1897), Van't Hoff (din 1897 pînă în 1906), cercetări care au avut aplicații importante în industria chimică și metalurgică.

ANALIZA CHIMICĂ A MINERALELOR. Definirea speciilor minerale se bazează pe două caractere esențiale: compoziția chimică și forma cristalină. Atunci cînd Haüy așeza noțiunea de moleculă integrantă la baza definiției speciilor, el insista în același timp și asupra necesității de a se avea la dispoziție analize chimice cantitative corecte și cît mai complete posibil.

Continuînd opera lui M. H. Klaproth (1743—1817), care poate fi considerat drept întemeietorul analizei minerale cantitative, numeroase date de acest fel au fost acumulate de chimiști și mineralogi, ca Fourcroy și Vauquelin, Bertholet, Berzelius, Rammelsberg, Damour, Rose, Delesse, H. și Ch. Sainte-

Claire Deville, Pisani etc. Au fost descoperite în felul acesta nu numai noi minerale, ci și noi elemente chimice, ca niobiul de Hatchett (1801), tantalul de Ekeberg (1802), paladiul și rodiul de Wollaston (1803), osmiul și iridiul de Smithson Tennant (1804), iodul (în cenușile plantelor marine) de B. Courtois (1811), litiul (în petalit, trifan și anumite turmaline) de Arfvedson (1817), cadmiul (în oxidul de zinc) și zincul de Stromeyer (1818), toriul (în torit) de Berzelius (1825), lantanul și seria de pămînturi rare (în mineralele cerifere din Norvegia) de Mosander (1838) etc.

În același timp, se dezvoltau și primele studii asupra repartizării diferitelor elemente chimice în minerale. Se puneau astfel bazele *geochimiei*, al cărei nume, dat de Schönbein în 1838, nu a fost folosit decît la începutul secolului al XX-lea atunci cînd această știință și-a luat cu adevărat avîntul.

În secolul al XIX-lea, s-au dezvoltat, de asemenea, și metodele și procedeele de analiză calitativă rapidă, adaptate necesităților mineralogilor și prospectorilor:

1. *Încercările la arzător* (sau încercările pirognostice) care folosesc diferențele de comportare a substanțelor minerale sub acțiunea căldurii (J. G. Gahn, Berzelius, 1821, R.F. Plattner, Lebaillif, Turner, Richter, Terreil etc.).

2. *Încercările microchimice*, bazate pe formele specifice ale cristalelor obținute cu ajutorul unor reactivi corespunzători, prin precipitarea soluțiilor saline rezultate din atacarea mineralelor cu diferiți acizi (Behrens, 1881; L. Bourgeois, 1893; Bořicky, 1877; C. Klement și A. Renard, 1886; A. Streng, 1885).

D. ASOCIAȚIILE MINERALE ÎN NATURĂ. GENEZA ȘI TRANSFORMĂRILE LOR

Definiția mineralogiei, dată în 1807 de Alexandre Brongniart, subliniază anumite principii fundamentale ale cercetării care rămîn permanent valabile:

„Istoria naturală a mineralelor — scrie el — nu se compune numai din aceea a caracterelor și proprietăților lor distinctive; tipul general de zăcăminte, adică modul lor de existență în natură și poziția lor relativă în sînul Pămîntului, formarea sau descompunerea lor, influența lor asupra altor corpuri, zăcămintele lor particulare cele mai remarcabile, principalele lor utilizări în industrie, formează partea cea mai interesantă a studiului acestor corpuri. Cunoștințele respective sînt pentru istoria mineralelor ceea ce descrierea obiceiurilor și a funcțiilor organice este pentru istoria naturală a animalelor".

CLASIFICĂRILE MINERALOGICE ȘI NOȚIUNEA DE SPECIE MINERALĂ. O clasificare bună nu trebuie să fie un simplu catalog de fapte sau de evenimente; ea este un instrument de cercetare. Ca bază fundamentală a oricărei munci teoretice, permițînd trecerea de la singular la particular și de la particular la general, ea leagă aceste momente diferite ale cunoașterii lucrurilor avînd la

bază conceptul de specie. Valoarea ei depinde de fertilitatea acestui concept de dezvoltarea și comprehensiunea lui, în cadrul fiecărei etape a cunoașterii în curs de dezvoltare. Aceste considerații generale sînt deosebit de evidente pentru mineralog. La diferitele nivele de observație pe care este obligat să le parcurgă, el trebuie să se consacre muncii de clasare și de coordonare a obiectelor și a fenomenelor.

La sfîrșitul secolului al XVII-lea și începutul secolului al XVIII-lea, naturaliștii au început să se intereseze din ce în ce mai mult de determinarea și de clasarea mineralelor. Cu toate acestea, cea mai mare parte dintre ei nu înțeleseră avantajul pe care îl prezenta metoda riguroasă urmată de Sténon în studiul formelor cristaline și în procesul de formare a cristalului. Pe de altă parte, chimia era la începuturile ei și, deși spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea cîțiva mineralogi ca Bergman (1792), Cronstedt (1753) și von Born (1790) adoptaseră caracterele chimice ca bază a metodelor lor, acestea fiind insuficient cunoscute nu puteau conduce decît la definiții vagi din punct de vedere cantitativ și adesea inexacte.

De aceea, întreaga atenție a fost la început îndreptată înspre caracterele exterioare ale mineralelor; bazîndu-se pe ele, Wallerius (1747) și, mai tîrziu, Werner (1773) au încercat să grupeze speciile și să dea reguli pentru determinarea lor. Linné subliniase încă din 1735 importanța formei cristaline.

Observațiile lui Lomonosov (1745) și descoperirea legii constanței unghiurilor diedre ale cristalelor de Romé de l'Isle (1783) au pus într-un mod și mai categoric accentul pe caracterele cristalografice. Meritul de a fi distins, dintre aceste caractere, pe acelea care erau esențiale pentru definirea speciilor minerale îi revine însă lui Haüy. Deși la începutul studiilor sale manifestase preferință pentru compoziția chimică, el a observat după aceea că această definiție era incompletă. Mînat de dorința de a ajunge pînă la procesul de formare a cristalului pentru a defini pe baza lui caracterele esențiale ale speciei, el a ajuns să considere structura drept caracterul distinctiv al mineralelor (1800) și să conchidă că caracterul speciei „rezidă în molecula sa integrantă, punctul fix de unde pleacă natura în formarea mineralelor".

Analizînd această concepție, Haüy arată în ce mod molecula integrantă poartă amprenta a ceea ce el numea „funcțiile moleculelor elementare" și deduce de aici că, pentru a se ajunge la o noțiune exactă și completă a speciei, este neapărat nevoie de concursul cristalografiei și al chimiei. Cu toate acestea, avînd în vedere lipsa de precizie a analizelor, datorită impurităților conținute în minerale, Haüy preferă să recurgă la molecula integrantă pentru a caracteriza specia.

Teoria lui Haüy a întîmpinat însă dificultăți atunci cînd s-a încercat aplicarea ei la cazurile de polimorfism și de izomorfism. În legătură cu aceasta, Haüy a avut o controversă cu Bertholet (1811) și a respins în întregime noțiunea de izomorfism introdusă în 1818 de Mitscherlich.

Înțeleasă bine, teoria lui Haüy pretinde ca atunci cînd se determină o specie să se ia în considerare, în aceeași măsură, atît caracterele cristalografice, cît și cele chimice. Cu toate acestea, în practică, Haüy a avut tendința de a denatura metoda sa pentru a crea un sistem cristalografic aproape pur. Pe

de altă parte, el a întîmpinat cu rezervă distincția făcută de Berzelius (1815) între metalele electropozitive și metalele electronegative, cu toate că în clasificarea sa bazele, adică elementele electropozitive, erau acelea care serveau ca legături speciilor.

Clasificarea lui Haüy a dominat în Franța pînă în anul 1830, cînd Beudant a luat atitudine contra caracterului ei prea exclusiv cristalografic și a propus o altă sistematizare care s-a bucurat de un mare răsunet.

Beudant a remarcat că proprietățile fizice nu sînt suficiente pentru caracterizarea speciilor și că reunirea lor în genuri impune recurgerea la analogii chimice. Dar, îndepărtîndu-se de concepția lui Berzelius el aprecia, sprijinindu-se pe noțiunea de izomorfism, că principiul electronegativ trebuie luat drept bază a acestei clasificări. Berzelius s-a alăturat și el mai tîrziu acestei concepții. Alexandre Brongniart a dat tabelului său de distribuție a speciilor minerale (1833) un caracter mixt din punct de vedere chimic. A. Dufrénoy (1845) este acela care schițează o revenire aproape completă la vechea metodă a lui Haüy; el introduce însă niște modificări care anihilau toate asociațiile naturale de specii a căror formare fusese posibilă prin descoperirea izomorfismului.

Controversa asupra priorității ce trebuia acordată unuia sau altuia dintre cele două grupe de caractere, cristalografice sau chimice, și-au pierdut cu timpul rațiunea de a mai subsista, pe măsură ce se dezvoltau concepțiile asupra structurii reticulare a cristalelor și, mai ales, atunci cînd, în secolul al XX-lea, radiațiile X au dat posibilitatea determinării aranjamentului atomilor în rețea.

PSEUDOMORFOZELE. În timpul îndelungatelor perioade ale istoriei Pămîntului, mineralele au suferit transformări al căror caracter ciclic, pus în evidență către sfîrșitul secolului al XVIII-lea de James Hutton, a fost aprofundat de geologii secolului al XIX-lea.

Abia formate, grupările efemere de atomi care sînt cristalele și agregatele de cristale, care sînt rocile, sînt distruse sau remaniate prin eroziune, sedimentare și metamorfism, sub acțiunea apei, presiunii și căldurii interne a Pămîntului. Ele sînt aduse la un echilibru cristalin care se traduce printr-o structură mai mult sau mai puțin ordonată, realizîndu-se nivelul de energie cel mai stabil în condiții de mediu determinate.

Cristalele poartă adesea amprenta acestor modificări. Cele mai semnificative dintre ele sînt pseudomorfozele, care constau din înlocuirea unui mineral de către altul, mai recent decît el, forma cristalină a mineralului vechi fiind păstrată. Haüy a fost primul care a dat, la începutul secolului al XIX-lea, o definiție precisă pseudomorfozelor, în legătură cu care Breithaupt (1820), Landgrebe (1841), R. Blum (1843) și Delesse au descris numeroase exemple. F.E. Geinitz (1876) a fost primul care a folosit metodele microscopice la studiul lor.

PETROGRAFIA. Pentru a înţelege cum trebuie evoluţia petrografiei în timpul secolului al XIX-lea, va trebui să ne întoarcem la concepţiile celor două mari şcoli geologice care se înfruntau la sfîrşitul secolului al XVIII-lea, aceea a lui Werner şi aceea a lui Hutton (cf. vol. II, p.703-705). După Werner, granitul era o rocă de origine apoasă, depusă ca precipitat dintr-un ocean universal ipotetic, idee admisă şi de Daubenton. Hutton, dimpotrivă, îşi învăţa elevii că granitul fusese cîndva topit şi introdus apoi în rocile în care este găsit.

Doi dintre discipolii lui Werner, A. von Humboldt şi Leopold von Buch, au contribuit la ameliorarea conţinutului operei sale. În timp ce Werner îşi limitase observaţiile la Saxonia, aceştia au întreprins studii asupra vulcanilor activi şi au făcut comparaţii între numeroase regiuni metalifere de pe glob, ceea ce i-a făcut să părăsească ideile prea simpliste ale maestrului asupra formării filoanelor sau a rocilor eruptive prin sedimentare.

Humboldt este acela care a prezentat primele observaţii asupra legăturii care există între depunerile metalifere şi rocile eruptive, anticipînd astfel lucrările lui Élie de Beaumont asupra emanaţiilor vulcanice şi metalifere, lucrări care au fost punctul de plecare în cercetările de mai tîrziu ale lui Berthier, Ebelmen, Durocher, Sénarmont, Daubrée, A. Michel-Lévy şi L. de Launay. În ceea ce-l priveşte pe Leopold von Buch, acesta a evidenţiat apariţia aliniamentelor de vulcani de-a lungul fracturilor ascunse ale scoarţei terestre şi a făcut primele observaţii asupra metamorfismului rocilor.

O dată cu apariţia *clasificărilor litologice*, în secolul al XIX-lea, efortul de coordonare şi de explicare porneşte de la nivelul de observaţie corespunzător agregatelor de cristale (rocilor), avîndu-se în vedere nu numai ele ca atare, ci şi originea lor, adică o tratare din punct de vedere geologic.

Werner folosea concomitent aceste două categorii de consideraţii, mineralogice şi geologice, deşi acorda celei de a doua o importanţă mai mare: pentru el rocile fiind „o varietate de munţi" *(Gebirgsart)*.

În schimb, Haüy şi Brongniart adoptau drept bază a clasificării rocilor numai caracterele lor mineralogice.

Haüy (1822) a descris rocile în sine, „independent de poziţiile lor respective în natură, după caracterele care le sînt proprii şi care le însoţesc pretutindeni". Brongniart (1827) le defineşte după compoziţia lor mineralogică şi introduce în mod sistematic noţiunile de structură şi de textură. Totuşi, după ce arată neajunsurile unei clasificări pur geologice, el atrage atenţia că:

„Toate aceste neajunsuri dispar dacă, după ce rocile au fost determinate din punct de vedere mineralogic şi independent de poziţia lor respectivă, se expune apoi separat şi cu toate detaliile potrivite istoricul poziţiei lor şi al raporturilor lor de formare".

Progresul înregistrat în cercetarea geologică a condus, încetul cu încetul, la diferenţierea a trei mari tipuri de roci: eruptive, metamorfice şi sedimentare. Însă, atîta timp cît petrografia s-a rezumat la examenul macroscopic al caracterelor exterioare ale rocilor, ea nu s-a putut dezvolta cu adevărat, în ciuda eforturilor vrednice de laudă ale lui Cordier (1816) şi Delesse (1848) de a determina proporţiile relative ale mineralelor constituente, prin separare

mecanică sau prin evaluarea suprafeţelor pe care acestea le ocupă în plăci şlefuite, luate din roca studiată.

Adevăratul întemeietor al petrografiei moderne este englezul Sorby, care a folosit microscopul polarizant pentru studiul secţiunilor subţiri, tăiate din minerale şi roci, după ideea pe care o avusese încă din 1827 Nicol. Este neîndoielnic că la acea vreme cîţiva naturalişti, ca Witham (1831) şi A. Brongniart (1840), foloseau tehnica lui Nicol pentru studiul fragmentelor de lemn fosil şi că numeroşi opticieni începuseră să publice cataloage importante ale celor mai variate obiecte studiate în lamele subţiri, ca: oase, dinţi, agate, lemn silicifiat etc. Însă atenţia savanţilor n-a fost atrasă în mod definitiv asupra fertilităţii acestei metode de cercetare decît prin lucrările pe care Sorby le-a consacrat structurii marmurii şi baritinei (1856), precum şi granitului şi incluziunilor sale (1858). De la această dată, observaţiile de detaliu au început să se succeadă rapid şi vom cita în acest sens lucrările lui von Rath (1860), Gerhard (1861), Reusch şi Vogelsang, Zirkel (1870), Tschermak, des Cloizeaux, Mallard, F. Fouqué şi A. Michel-Lévy, A. Lacroix etc.

Aceste lucrări au condus la formarea, după anul 1870, a două mari şcoli petrografice, care au fost reprezentate în principal, pe de o parte, de Zirkel, Rosenbusch, von Lasaulx, Lossen, Bořicky etc., în Germania, şi, pe de altă parte, de către F. Fouqué şi A. Michel-Lévy urmaţi mai tîrziu de A. Lacroix, în Franţa.

În acelaşi timp, evoluţia metodelor de cercetare a condus pe petrografi spre utilizarea sistematică a analizei chimice cantitative, combinată cu examenul microscopic, pentru determinarea naturii mineralelor constituente, a structurii asociaţiilor lor, ca şi a proporţiilor lor relative.

La sfîrşitul secolului al XIX-lea, studiul microscopic al rocilor sedimentare a fost reluat cu succes, după Sorby, de Murray şi Renard, precum şi de Lucien Cayeux.

Apreciind astăzi progresele realizate în petrografie datorită folosirii microscopului polarizant, ne vine greu să ne imaginăm că, la începuturile folosirii lui, au existat obiecţii severe din partea unor geologi eminenţi. Trebuie să vedem oare în această atitudine o influenţă a ideilor lui Auguste Comte care, în lista „problemelor de prisos", pe care savanţii ar fi trebuit să le ocolească, fiindcă erau, după părerea lui, peste puterea de înţelegere a spiritului uman, le includea şi pe cele care se refereau la cercetările microscopice? Orice s-ar spune, meticuloasele observaţii microscopice adunate în timpul secolului al XIX-lea au fost acelea care au făcut posibilă aşezarea clasificării rocilor eruptive pe baze din ce în ce mai precise.

Rosenbusch (1887) lua ca singur punct de plecare în clasificarea sa modul de zăcămînt iniţial al rocilor. El deosebea masivele profunde, rocile eruptive în filoane şi rocile efuzive, făcînd să intervină însă şi consideraţii de ordin mineralogic, precum şi generalizări asupra condiţiilor de punere în loc, care au fost combătute cu energie în special de A. Michel-Lévy (1889). Acesta a subliniat „eroarea care constă în dorinţa de a obţine dintr-o clasificare *petrografică* aranjarea rocilor în grupe geologice" şi a elaborat, împreună cu F. Fouqué o clasificare bazată pe compoziţia mineralogică şi pe structură, precum şi

pe datele analizelor chimice, care formează punctul de plecare al clasificărilor moderne.

Caracterul genetic al clasificării lui Michel-Lévy reiese din faptul că ea ține seama de condițiile de cristalizare a rocilor eruptive, plecîndu-se de la magma originară și că aceasta recunoaște nu numai rolul temperaturii și al presiunii, așa cum făcea și Rosenbusch, dar într-un mod prea exclusivist, ci și pe acela al mineralizatorilor, care a fost așa de bine definit de Daubrée, Élie de Beaumont și de Henri Sainte-Claire Deville.

METAMORFISMUL ROCILOR. După cum am mai spus, scoarța terestră suferă transformări perpetue, cu caracter ciclic, sub acțiunea apei, a căldurii interne a globului și a presiunii. Una dintre cele mai importante probleme pe care geologia și mineralogia au fost chemate să o rezolve în scopul înțelegerii acestei evoluții, a fost aceea de a stabili partea care trebuie atribuită acțiunii apei și acțiunii ignee. Problema, dezbătută de multă vreme, s-a complicat în momentul în care au fost descoperite numeroase roci purtînd, în mod vădit, amprenta unei duble origini. Aceste roci au fost considerate de Werner ca aparținînd unor terenuri de *tranziție*, sau *intermediare*, iar apoi, de Hutton, ca rezultat al transformării rocilor sub acțiunea căldurii. Mai tîrziu, Leopold von Buch afirma că, pe lîngă căldură, emanațiile chimice, pot de asemenea să transforme aceste roci.

Noțiunea de *metamorfism*, adică de transformare ulterioară a rocilor sedimentare sau eruptive, a fost precizată mai tîrziu de către Lyell.

În Franța, cercetările făcute de Brochant de Villiers, Élie de Beaumont și Dufrénoy în Alpi și în Pirinei au confirmat această concepție asupra metamorfismului, admițînd și acțiunea apei în cadrul acestui fenomen. În același timp, s-a recunoscut că granitul, căruia i se atribuia acțiunea cea mai energică asupra rocilor-gazdă, nu a luat naștere, probabil, numai pe cale de fuziune pur ignee, că el ar putea să se formeze în condiții intermediare între acelea care existau la formarea filoanelor obișnuite și acelea de la formarea rocilor vulcanice, cristalinitatea acestei roci nefiind datorată, în mod obligatoriu, solidificării sale la adîncimi mari. Observațiile lui Sorby asupra lichidelor conținute în vacuolele microscopice ale rocilor confirmau intervenția apei și a căldurii în formarea granitului. Aceasta i-a determinat pe mineralogi să creadă că și alte roci eruptive s-ar fi putut forma datorită intervenției apei, la o temperatură mult mai puțin ridicată decît se bănuia.

În *Études sur les Alpes* (1845—1849), Fournet stabilește o distincție între metamorfismul *exomorf* (acțiunea rocii plutonice asupra depozitului sedimentar care o conține) și metamorfismul *endomorf* (acțiunea depozitului sedimentar asupra rocii plutonice), făcînd o analiză minuțioasă a fenomenelor puse în mișcare în cursul acestor transformări reciproce.

Durocher a arătat că emanațiile surselor termale pot fi puse în legătură cu fenomenele de contact, ca și efectele metamorfismului și formarea unui mare număr de zăcăminte metalifere.

Făcînd apel la observația directă, la analiza chimică a rocilor, precum și la examenul mineralogic al rocii eruptive și al rocii-gazdă, Delesse (1846) a

adunat numeroase date noi asupra metamorfismului „special" sau de contact. El a studiat, de asemenea, metamorfismul general, care cuprinde regiuni întregi şi asupra căruia Élie de Beaumont atrăsese în mod special atenţia.

De metamorfism s-au mai ocupat şi mulţi alţi geologi, ca Alex. Brongniart, d'Omalius, Gh. Deville, Gueymard şi Lory în Franţa; H.T. de la Beche, R. Murchison, Greenough, J. Phillips, G. Poulett Scrope, în Anglia; A. von Humboldt, C.F.H. Credner şi C.W.Fuchs în Germania; Rogers, Whitney şi Sterry Hunt în S.U.A.

E. METEORIŢII

Pe lîngă importanţa pe care o prezintă pentru astronomie, meteoriţii, prin însăşi natura lor, interesează şi pe mineralogi, geologi. Sînt, într-adevăr, singurele mesaje tangibile pe care le primim din spaţiile interplanetare, astfel încît cunoaşterea constituţiei lor ne poate da o idee atît despre natura maselor răspîndite în aceste spaţii, cît şi despre istoria globului nostru.

Căderile de meteoriţi au atras atenţia oamenilor încă din perioada cea mai timpurie a antichităţii, în primul rînd pentru că fenomenul ca atare era minunat şi, în al doilea rînd, pentru că erau privite ca o curiozitate a naturii, care inspira descrieri mai mult sau mai puţin fanteziste. În ceea ce priveşte cunoaşterea cu adevărat ştiinţifică a acestor corpuri nu este chiar aşa de veche.

Originea lor extraterestră a fost privită cu neîncredere pînă în 1794, cînd datorită studiilor perseverente, întreprinse de fizicianul german Chladni, au fost aduse argumente temeinice în favoarea acestei teze.

În Franţa, Anglia, Germania, Austria, Statele Unite etc., se acumulează în această epocă numeroase observaţii asupra meteoriţilor. În timp ce majoritatea mineralogilor şi fizicienilor străini susţineau părerea lui Chladni, savanţii francezi, în totalitatea lor, îi erau potrivnici. Laplace şi Poisson socoteau că meteoriţii nu erau altceva decît dejecţii ale vulcanilor lunari şi nu şi-au schimbat părerea decît în faţa concluziilor lui Biot, în legătură cu căderea meteoritului de la L'Aigle (Departamentul Orne, 26 august 1803).

În secolul al XIX-lea, s-au efectuat numeroase analize chimice ale meteoriţilor, precum şi studii asupra compoziţiei lor mineralogice. Citãm lucrările lui Howard (primul care a arătat prezenţa constantă a nichelului), apoi ale lui Berzelius, Wöhler, Thomas Graham (care a descoperit hidrogen liber în fier de origine meteoritică), Vauquelin, Laugier (care au semnalat prezenţa, aproape permanentă a cromului), precum şi analizele lui Dufrénoy, Boussingault, Damour şi Pisani. O propunere de clasificare a meteoriţilor a fost făcută de Daubrée, folosită, de altfel, la prezentarea colecţiei Muzeum-ului din Paris. Principiile stabilite de el, bazate pe proporţiile relative de fer-nichel şi de silicaţi, au fost păstrate în linii mari şi de clasificările ulterioare. În afară de aceasta, Daubrée a făcut şi numeroase experienţe sintetice (1866) cu scopul de a înţelege structura şi modul de formare ale meteoriţilor. El a mai subliniat importanţa pe care o au rocile magneziene atît pentru planeta noastră, cît şi

pentru celelalte planete ale sistemului solar. Constatînd absența în meteoriți a rocilor stratificate și a granitului, el a avansat ideea existenței unei „scorii universale", reprezentată de olivină și forsterit (SiO_4Mg_2), atît în rocile terestre — profunde, cît și în meteoriți. În sfîrșit, el își imagina că corpurile planetare de unde provin meteoriții ar avea o structură în strate sferice concentrice, a căror densitate ar crește de la suprafață spre centru, unde nu s-ar mai găsi decît fier metalic aliat cu nichel; același lucru presupune că ar fi valabil și pentru globul terestru, dacă s-ar face abstracție de stratul superficial granitognaisic.

F. CĂILE EXPERIMENTALE

Primele încercări de a reproduce mineralele și rocile în laborator s-au făcut în secolul al XIX-lea, astfel că numeroase sinteze realizate în prezent își au originea în studiile întreprinse în timpul acestei perioade. Diferitele metode folosite au fost clasificate de C. Fuchs, Fouqué, Michel-Lévy și L. Bourgeois, după condițiile de cristalizare:

I. Pe cale uscată:

1. Cristalizare cu fuziune (fuziune simplă, fără dizolvant; fuziune cu fondant fără reacție chimică; reacție chimică între substanțe topite).

2. Cristalizare sub influența substanțelor volatile (sublimare simplă; reacție chimică între substanțe volatile; reacția unei substanțe volatile asupra unui corp nevolatil).

II. Pe cale umedă; la temperatură joasă sau înaltă, fără presiune sau cu presiune (cristalizare pe bază de dizolvare fără acțiune chimică; reacție chimică între două lichide; reacția unui lichid asupra unui solid).

Printre sintezele cele mai interesante amintim: reproducerea marmurii pornind de la calcar (James Hall, 1801); a cuarțului, a carbonaților și sulfurilor, a fluorinei, a feldspatului potasic etc., prin acțiunea apei pure sau slab amestecate cu carbonați alcalini, la mare presiune (Sénarmont, Daubrée și Friedel); a casiteritei și a rutilului prin acțiunea vaporilor de apă asupra unei cloruri sau fluoruri (Daubrée); a sulfurilor metalice prin acțiunea hidrogenului sulfurat asupra unei cloruri la roșu (Durocher); a ortozei, albitului, cuarțului, smaragdului și a zirconului prin reacție chimică pe cale uscată în prezența unor mineralizatori (Hautefeuille); aceea a rubinului (Frémy, Feil și Verneuil, 1877—1891).

Ideea generală care trebuie să-l conducă pe mineralog în timpul reproducerii artificiale a mineralelor este aceea de a-și organiza experiențele pe baza observațiilor făcute pe teren. De Sénarmont scosese foarte bine în evidență — încă din 1851 — acest principiu, subliniind că ar fi necesar „ca toate împrejurările în care operația naturală a lăsat urme caracteristice, descoperite de către geolog, să se regăsească în operația artificială a chimistului".

Frumoasele experienţe de sinteză a rocilor eruptive ale lui Fouqué şi Michel-Lévy (între 1878 şi 1881) au lămurit un mare număr de probleme, dovedind, în special, că este imposibil să se reproducă rocile cuarţitice, ca de exemplu granitul, prin fuziune pur ignee.

G. MARILE COLECŢII MINERALOGICE

Marile colecţii care s-au dezvoltat în cursul secolului al XIX-lea au reprezentat pentru mineralogi instrumente foarte utile de cercetare, iar pentru cadrele didactice un mijloc de neînlocuit pentru trezirea curiozităţii tinerelor inteligenţe.

În Franţa, Buffon este acela care iniţiază în 1745 colecţia de minerale de la Jardin du Roi. De această colecţie s-a ocupat din 1767 Daubenton, cu titlul de conservator şi de custode, înainte de a deveni profesor de mineralogie, prin înfiinţarea în 1793 a unei astfel de catedre. Ulterior, datorită contribuţiei profesorilor care s-au succedat (Dolomieu, Haüy, Al. Brongniart, Dufrénoy, Delafosse, des Cloizeaux, A. Lacroix), această colecţie s-a amplificat, prin achiziţii sau donaţii, fie de colecţii particulare, fie de serii de minerale aduse din diferitele călătorii la care participau şi naturaliştii. Colecţia de la École des Mines din Paris fundată în 1783, s-a dezvoltat în secolul al XIX-lea, pentru a deveni, sub direcţia lui Ch. Friedel, una dintre cele mai complete şi mai importante. Şi alte oraşe universitare, şi-au format uneori colecţii mineralogice de valoare, cum este oraşul Lyon.

În Anglia, colecţii de minerale şi roci au luat fiinţă la British Museum, fundat în secolul al XVIII-lea (a se vedea vol. II, p.435), în special începînd din 1857, cînd Story-Maskelyne a fost numit *Keeper of Minerals*. Nu după mult timp colecţia mineralogică a acestui muzeu se clasa printre cele mai însemnate din Europa. Transferată apoi la *Natural History Museum*, construit între 1873 şi 1880, ea nu a încetat să se dezvolte prin adăugarea a numeroase serii de eşantioane provenind din Anglia sau din coloniile engleze, sub direcţia lui Maskelyne, căruia i-au urmat Fletcher, L.J. Spencer etc. În această colecţie, un loc important a fost rezervat meteoriţilor. Celelalte oraşe universitare britanice, Cambridge, Oxford, Edinburgh, şi-au organizat şi ele, treptat, colecţii bogate de minerale.

În Germania, în special în Saxonia, existau mai multe colecţii particulare în momentul înfiinţării, în 1765, a Şcolii de mine din Freiberg, dotată cu o colecţie „orictognostică". Această colecţie, sub direcţia lui Werner şi a succesorilor săi, s-a bucurat de o dezvoltare considerabilă. La Berlin colecţia Muzeului de istorie naturală (creat în 1809) a avut ca origine colecţia Cabinetului regal al mineralelor, întemeiat în 1781. În secolul al XIX-lea, cea mai mare parte a institutelor universitare germane, precum şi Şcoala de mine din Berlin (iar, înaintea ei cea de la Clausthal din munţii Hartz) şi-au organizat colecţii mineralogice de mare însemnătate.

În Boemia, unde și-a început activitatea Agricola, s-a manifestat, începînd din aceeași epocă și ca nicăieri în altă parte, un interes statornic pentru colecțiile de minerale care și-au făcut loc încetul cu încetul în muzeele regionale, la Universitatea din Praga, la Școala de mine din Přibram etc.

La Budapesta colecția foarte importantă a prințului Lobkowitz a constituit fondul colecției Muzeului național al Ungariei. În Austria, Cabinetul imperial de istorie naturală, creat încă de la mijlocul secolului al XVIII-lea, cuprindea importante serii de minerale care au fost organizate în curînd separat sub direcția lui Mohs, și apoi, începînd din 1851, mai ales sub conducerea lui Partsch și a lui G. Tschermak. Universitățile și școlile tehnice și-au organizat și ele interesante colecții de studiu[5].

În Elveția, trebuie amintită colecția mineralogică a Școlii politehnice federale din Zürich, îmbogățită cu mineralele aduse de D.F. Wiser, din Munții Alpi, precum și colecțiile muzeelor din Berna și Basel (1821).

În Italia foarte vechi și importante colecții au primit numeroase contribuții în secolul al XIX-lea. Ne referim la colecțiile Institutului mineralogic și ale Muzeului din Parma, ale muzeelor din Bologna și Torino(1713), precum și la aceea a Cabinetului din mineralogie și de geologie aplicată din Roma (1817).

În ceea ce privește Spania, trebuie citate colecțiile Muzeului de științe naturale din Barcelona (1882) și acelea ale Muzeului din Madrid.

Printre colecțiile scandinave, vom semnala pe aceea a Muzeului mineralogic din Copenhaga (căreia i s-a adăugat în 1860, colecția universității), precum

[5] În România, în cursul secolului trecut, a fost selectat un bogat material geologic, o contribuție de seamă la realizarea primelor colecții avînd-o pionierii școlii geologice românești Gr. Ștefănescu și Gr. Cobălcescu, care au fost și primii organizatori ai acestora. Muzeul de științe naturale din București, înființat în 1836 și condus din anul 1866 de Gr. Ștefănescu, a găzduit o bună parte din exponate. În 1906 muzeul se separă în „Muzeul național de istorie naturală «Grigore Antipa»" și Muzeul de geologie și paleontologie pe care acesta l-a condus pînă la moarte. Aici au fost adunate numeroase piese valoroase de mineralogie, geologie și paleontologie. Scheletul de *Dinotherium gigantissimum*, restaurat de Gr. Ștefănescu și descris de el ca specie nouă este unic în lume ca schelet aproape întreg.

Colecții geologice valoroase care datează din aceeași perioadă sînt cele de la Iași, Cluj și Sibiu.

Astfel, la Iași, în 1834, ia ființă „Cabinetul de istorie" cu variate colecții din domeniul științelor naturii, muzeul avînd o rodnică activitate în cadrul căreia trebuie semnalată cea de schimb internațional. Colecția s-a îmbogățit continuu și prin donații, în afara adunării materialului de către specialiști.

Muzeul de științe naturale din Cluj, numit inițial „Muzeum Transsylvanicum", datează din aceeași perioadă, fiind dotat cu colecții mineralogice excepționale. În cadrul acestora trebuie să amintim pepitele de aur nativ, mineralele provenite din exploatările miniere foarte vechi și meteoritul căzut în 1882 lîngă Cluj.

Sibiul găzduiește încă din prima parte a secolului trecut, bogate colecții geologice, din care se remarcă cele paleontologice, cu exemplare de foraminifere tortoniene.

Colecțiile Institutului geologic din București au început să fie organizate după 1906, îndată ce a existat posibilitatea depozitării și aranjării lor într-un imobil adecvat. — *M.P.*

și bogatele colecţii ale muzeelor din Oslo (Cristiania) și Stockholm, fundate în 1811 și respectiv 1819, și dezvoltate mai tîrziu mai ales datorită lui W.C. Brögger.

În Rusia, sînt cunoscute în secolul al XIX-lea colecțiile din Petersburg, în special aceea a Institutului de mine (organizată la sfîrșitul secolului al XVIII-lea), aceea a Academiei de Ştiinţe și celebra colecţie particulară a lui Nikolas von Leuchtenberg.

În Statele Unite ale Americii, colecţiile mineralogice s-au format într-un interval scurt, prin contribuția savanților de la Smithsonian Institution și de la U.S. National Museum din Washington (1846), care este sediul lui U.S. Geological Survey, în primul rînd datorită lui G.P. Merril și W. Tassin, F. W. Clarke,S.Penfield, J.D. și E.S.Dana. Muzeul de istorie naturală din New York, fundat în 1869, a beneficiat de foarte bogata colecţie particulară a lui Bement din Philadelphia. În afară de acestea, multe alte universități din Statele Unite și-au format și ele colecţii importante.

În Canada, ca și în Statele Unite, colecţiile mineralogice s-au dezvoltat pe baza activităţii serviciilor geologice. Muzeul naţional din Ottawa, creat în 1842, a organizat o excelentă colecţie cu minerale de pe teritoriul Canadei, la fel și Universitatea din Montreal.

În sfîrșit, în America de Sud, importante colecţii au luat naștere prin gruparea celor mai remarcabile exemplare culese din numeroasele zăcăminte minerale ale Lumii Noi, cu contribuția unor persoane particulare, sau a diferitelor organisme oficiale, universități și școli tehnice, în special din Mexic, Brazilia (Muzeul naţional din Rio de Janeiro, 1818) și din Peru (Şcoala de mine din Lima).

CAPITOLUL II
Geologia

Secolul al XIX-lea este epoca în care științele Pămîntului cunosc o dezvoltare vertiginoasă. Pe lîngă geologia propriu-zisă asistăm la apariția preistoriei, în timp ce mineralogia, petrografia și paleontologia[1] înregistrează progrese considerabile și devin discipline științifice independente.

În secolele ce au trecut, cîțiva oameni au exercitat o influență cu atît mai marcantă cu cît ei erau puțini la număr. Începînd cu secolul al XIX-lea, situația se modifică în întregime. Se organizează învățămîntul public, facultățile se înmulțesc, numărul cercetătorilor sporește în mod rapid. Fiecare disciplină începe a se împărți pe specialități, dar nici un capitol nu mai este opera unui singur om. Cu toate acestea, diversificarea nu este încă foarte înaintată, rămînînd cîteva spirite eminente pentru a cuprinde marile probleme, pentru a întemeia școli și a elabora primele tratate de amploare.

În timp ce construcția de canale și de căi ferate furnizează geologilor un foarte bogat material de studiu, începe să se dezvolte și prospectarea rațională a bogățiilor subsolului. Pe de altă parte, transportul maritim realizat cu vapoare acționate cu abur și transportul pe cale ferată favorizau deplasările dintr-un loc într-altul și schimbul de idei. Secolul al XIX-lea este epoca unor mari expediții științifice. Cercetările geologice depășesc granițele Europei, extinzîndu-se în America de Nord și apoi în toate continentele, ceea ce favorizează crearea unui limbaj internațional, în vederea exprimării ideilor și explicării faptelor, a stabilirii unei nomenclaturi pentru perioadele ce alcătuiesc istoria universală a planetei.

Condițiile generale de cercetare în acest domeniu vor înregistra modificări considerabile. Pînă acum nu exista o metodă rațională: observațiile erau disparate și dispersate, iar interpretările hazardate. Și secolul al XIX-lea va enunța toată gama de probleme ce putea fi întrevăzută. Vor apărea și se vor dezvolta metode de lucru. Vor fi formulate unele după altele teorii, uneori destul de ciudate, dar cu ajutorul lor se constituie treptat un corp de doctrină care, deși

[1] Despre progresele mineralogiei și petrografiei s-a relatat în capitolul precedent de J.Orcel. Nașterea preistoriei umane va fi prezentată într-un capitol viitor de R. Furon (p. 512—532). Dezvoltarea paleontologiei stratigrafice va fi schițată mai tîrziu, paleontologia nevertebratelor de A. Tétry (p.421), iar paleontologia vertebratelor de J. Piveteau (p. 564—565).

întemeiat mai cu seamă pe autoritatea cîtorva oameni, are meritul de a exista, deci de a putea fi criticat și perfecționat, încetul cu încetul. În plus, ceea ce era „ortodox" și practic interzis a fi discutat în domeniul teoriilor și ipotezelor, trece în mod progresiv la capitolul istoriei.

În domeniul faptelor, progresele înregistrate în secolul al XIX-lea au fost atît de evidente încît observațiile răbdătoare și detaliate ale predecesorilor noștri sînt cercetate și astăzi cu mult folos.

A. ISTORIA PĂMÎNTULUI ȘI STABILIREA SCĂRII STRATIGRAFICE

Stabilirea unei scări stratigrafice, care să exprime succesiunea capitolelor istoriei Pămîntului, era prima problemă ce trebuia soluționată de naturaliștii secolului al XIX-lea. Dar rezolvarea ei nu putea progresa fără dezvoltarea paleontologiei. Naturaliștii secolului al XVIII-lea se declaraseră pentru originea organică a fosilelor, au imaginat existența speciilor dispărute și au pregătit studiile de paleontologie. Cercetările de paleontologie sistematică vor progresa acum rapid în diverse țări.

NAȘTEREA TRANSFORMISMULUI ȘI TRIUMFUL PROVIZORIU AL TEORIEI LUI CUVIER. Lamarck, prieten și continuator al lui Buffon, profesor de zoologie la Muséum din 1793, surprins de variațiile diferențelor ce deosebesc speciile între ele, a tras concluzia că *specia* este mult mai greu de definit decît se credea în mod obișnuit. Pe de altă parte, el a comparat forme vii cu forme fosile și a creat doctrina transformistă, dorind să explice astfel varietatea formelor animale de-a lungul timpurilor geologice, prin ereditatea caracterelor dobîndite sub influența mediului, alimentației și utilizării organelor. În *Hidrologia* (1808) lui Lamarck, pe lîngă opinii fantastice se găsesc și idei excelente referitoare la eroziunea apelor curgătoare și la acțiunea unor fenomene actuale. Contemporanii lui Lamarck nu au fost cîștigați de aceste idei noi pe care nu le înțelegeau și, trebuie s-o spunem, au preferat să le urmeze orbește pe cele ale lui Cuvier[2].

În totală opoziție cu teoria evoluționistă, Cuvier era convins că între cele două evenimente esențiale, Creația și Potopul, au intervenit alte „revoluții ale globului", care ar putea explica modificările din domeniul faunei. El era fixist din principiu, dar și fiindcă nu cunoștea „formele intermediare", care să marcheze evoluția prin trecerea de la o formă la alta. Cuvier nici măcar nu a comentat scrierile lui Lamarck; el s-a mărginit să le ignoreze.

Prieten și coleg al lui Lamarck, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844) era de asemenea transformist, deoarece studiile sale asupra reptilelor fosile din Normandie l-au determinat să afirme că animalele actuale se trag din „animalele pierdute ale lumii antideluviene". El prefera însă variațiile bruște, numite mai tîrziu mutații, modificărilor lente ale lui Lamarck.

[2] A se vedea în legătură cu acest subiect și studiul lui J. Piveteau (p. 516—52).

Cuvier l-a atacat violent pe Geoffroy Saint-Hilaire la Academia de Ştiinţe, în 1830, şi argumentele sale au întrunit sufragiul convingerii generale. Afirmarea ideii transformiste a fost astfel întîrziată în Franţa; nu se va reveni la ea decît după moartea lui Cuvier şi publicarea, în 1859, a *Originii speciilor* a lui Darwin.

Ca o reacţie împotriva plutonismului lui Hutton, apreciat ca puţin potrivit cu textul *Genezei*, teoria cataclismelor lui Cuvier s-a bucurat de mare succes în Marea Britanie, în special în ceea ce-i priveşte pe Buckland, Sedgwick, Conybeare, Murchison şi Jameson. Publicarea lucrării *Reliquiae Diluvianae* (Londra, 1823) de reverendul W. Buckland, profesor de geologie la Universitatea din Oxford, apare ca o tentativă desperată de a pune de acord ultimele descoperiri geologice şi paleontologice, teoriile lui Werner şi Cuvier cu litera *Scripturii*. În orice caz, această reacţie de inspiraţie religioasă va continua să se manifeste aproape tot timpul secolului, ca o luare de poziţie, îndeosebi împotriva uniformitarismului lui Lyell şi împotriva teoriilor lui Darwin.

ÎNCEPUTURILE PALEONTOLOGIEI STRATIGRAFICE. Dezvoltarea studiilor de paleontologie sistematică trebuia să aibă consecinţe importante pentru studiile de stratigrafie. Pînă acum, se admiteau în general două diviziuni: prima, „terenuri primare", redresate şi nefosilifere, iar cea de a doua „terenuri secundare", în poziţie orizontală, cu fosile.

În studiul intitulat *Essai sur la géographie minéralogique des environ de Paris* (publicat mai întîi ca articol în 1808, iar apoi, separat şi într-o formă mai completă, în 1811), Cuvier şi Brongniart definesc formaţiunile nu numai după caracterele lor litologice sau după o anumită fosilă, ci în funcţie de ansamblul faunei lor. Ei demonstrează, de exemplu, că fauna din „calcarul grosier" este foarte diferită de cea a „cretei". Acest calcar grosier este acoperit de nisipuri şi gresii (viitoarele „nisipuri de Beauchamp"), peste care urmează gipsul de Montmartre, descris anterior de Desmarest, Lamanon, Coupé, şi care conţine resturi ale vertebratelor studiate de Cuvier.

În 1821, Alexandre Brongniart — cel care a introdus subdiviziunea de terenuri terţiare în al său *Traité élémentaire de minéralogie* (1807) — publică o importantă lucrare *(Sur les caractères zoologiques des formations...)*, care îi conferă rolul de figură proeminentă în rîndul fondatorilor paleontologiei stratigrafice. El arată că fiinţele fosile sînt cu atît mai diferite de cele actuale, cu cît ele sînt mai străvechi. Confirmînd punctul de vedere pe care William Smith îl susţinuse încă din 1799 (vol. II, p. 705) şi pe care topograful britanic tocmai îl publicase *(Strata identified by Organized Fossils*, Londra, 1816; *Stratigraphical System of Organized Fossils*, Londra, 1817), el precizează că, atunci cînd două terenuri situate din punct de vedere geografic la o oarecare distanţă conţin aceleaşi fosile, acestea pot fi considerate de aceeaşi vîrstă. Autorul ilustrează prin diverse exemple ideea de *fosile caracteristice*, principiu esenţial al paleontologiei stratigrafice.

În 1829, geologul american Vanuxem arată, la rîndul său, că vîrsta relativă a unui teren trebuie să fie determinată după fosilele sale şi nu după înclinarea stratelor.

În același an, Brongniart propune, în al său *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe*, ca formațiunile scoarței terestre să fie împărțite în șapte serii:

1. *Terenuri agalisiene* (corespunde la gnaise);
2. *Hemilisiene* (pentru o parte a erei primare);
3. *Izemiene abisice* (din carboniferul superior pînă în triasic);
4. *Izemiene pelagice* (pentru jurasic și cretacic);
5. *Izemiene talasice* (terțiar);
6. *Climiene* sau *Diluvium;*
7. *Lisiene* și *aluviene*

La rîndul lor, rocile eruptive erau împărțite în două categorii: vechi sau terenuri *tifoniene*, actuale sau terenuri *pirogene*.

În 1830, J.B. d'Omalius d'Halloy prezintă o nouă scară:

1. Terenuri *piroide* (roci eruptive);
2. *Hemilisiene* (gnaise pînă la carbonifer);
3. *Amoneene* (terenuri cu amonoidee, din permian și pînă în cretacic);
4. *Terțiare;*
5. *Actuale*

ERE ȘI SISTEME. O dată cu progresele realizate de paleontologia stratigrafică, stratele au putut fi grupate în *sisteme*, caracterizate prin fosilele lor și despărțite unele de altele prin discordanțe de stratificare.

În ceea ce privește era primară englezii Roderick Murchison și Adam Sedgwick au făcut studii remarcabile; ei au definit și denumit, între anii 1835 și 1841, *cambrianul*, *silurianul*, *devonianul* și *permianul*, acesta din urmă posterior *carboniferului* care a fost creat în 1822 de Conybeare, pentru a desemna formațiunile cu cărbuni din Anglia.

Era secundară a fost împărțită în trei sisteme: *triasul* lui F. von Alberti (1834), *jurasicul* lui Alexandru Brongniart (1829) și *cretacicul*, definit de Omalius d'Halloy începînd din 1822.

Pentru terțiar au fost stabilite în 1830 de Deshayes trei sisteme, pentru care Ch. Lyell a propus mai tîrziu denumirile de *eocen*, *miocen* și *pliocen*. În sfîrșit, urmează cuaternarul adăugat, în 1829, de Desnoyers.

AVÎNTUL PALEONTOLOGIEI STRATIGRAFICE. Perioada 1820—1860 a fost în toate țările o perioadă de înflorire a lucrărilor înspirate de noile metode ale paleontologiei stratigrafice. Despre formațiunile erei primare s-au scris monografii de Dumont, în Belgia; Barrande, în Boemia, Angelin, în Suedia; Beyrich, Geinitz, Roemer, frații Sandberger, L. de Koninck, în Germania; de Vanuxem, Emmons, James Hall, în S.U.A. Formațiunile aparținînd erei secundare și fauna lor au fost studiate de: vicontele d'Archiac, Matheron, Alcide d'Orbigny, Thirria și Thurmann, în Franța; Buckland, Phillips, Mantell, Fitton, în Anglia; Alberti, Geinitz, Munster, Quenstedt, în Germania. Fauna terțiară a fost cercetată de: Basterot, Deshayes și Grateloup, în Franța; Nyst și

Galeotti, în Belgia; F. Sandberger, în Germania; Prestwich, în Anglia; Sismonda şi Bellardi, în Italia etc. Urmînd exemplul lui Alexandre Brongniart, mulţi dintre aceşti autori s-au străduit să stabilească paralelisme între formaţiunile din diferite ţări şi cele din bazinul parizian, devenite clasice.

Flora fosilă a fost studiată tot atît de mult ca şi fauna. Încă din 1800 Blumenbach insista asupra deosebirilor de faună şi de floră dintre diferitele epoci geologice. Aceste principii şi-au găsit pentru prima oară aplicaţia în 1804, cînd baronul von Schlotheim, în prima parte a lucrării sale *Flora der Vorwelt*, a făcut comparaţii între forme vii şi forme fosile.

Adolphe Brongniart, fiul lui Alexandre, poate fi considerat drept fondatorul anatomiei comparate a plantelor actuale şi a celor fosile. Studiul său *Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles* (1828) a fost o revelaţie. Cu toate că adopta ideile „fixiste" şi „revoluţiile globului" lui Cuvier, el concepea existenţa unei legi de perfecţionare a fiinţelor organizate, ce putea fi urmărită în ordinea succesiunii geologice a marilor clase de plante. El a făcut şi o descriere strălucită a florei din era primară, pe care a introdus-o în cadrul stratigrafiei, avînd astfel posibilitatea să compare diferite bazine de huilă din Europa.

Bernard Renault, elev al lui Brongniart, şi-a cucerit un renume mondial prin lucrările sale asupra anatomiei comparate a lemnelor silicifiate. Colecţia lui de secţiuni constituie una dintre principalele bogăţii ale Muzeum-ului.

Amintim în continuare, lucrările elaborate de Grand' Eury, Zeiller, de Saporta, Schimper şi Lignier, în Franţa; cele ale lui de Heer, în Elveţia; Nathorst, în Suedia; Geinitz, Goeppert, Gümbel, Unger, în Germania; Kidston şi Williamson, în Anglia; Dawson şi Lesquereux în S.U.A.[3]

[3] În perioada de timp care se încheie cu sfîrşitul secolului al XIX-lea (corespunzător modului în care se tratează evoluţia geologiei în volumul III al lucrării de faţă), înaintaşii ştiinţelor geologice româneşti, savanţi de renume, eminenţi profesori, cercetători şi deschizători de drumuri, Grigore Cobălcescu (1831—1892), Gregoriu Ştefănescu (1838—1911) şi Matei Drăghiceanu (1844—1936), s-au remarcat printr-o activitate ştiinţifică deosebită, didactică şi publicistică. Ei au fost promotorii unor idei ştiinţifice înaintate pe plan mondial, au fost materialişti, evoluţionişti, în cadrul cercetării teoretice şi practice. Lor le datorăm identificarea şi valorificarea primelor zăcăminte de substanţe minerale utile.

Munca lor perseverentă, competentă, laborioasă, a avut ca rezultat studii monografice, geologice şi paleontologice, cercetările de teren şi laborator conducîndu-i la separarea unităţilor structurale, la trasarea unor importante linii tectonice şi la delimitarea formaţiunilor pe primele hărţi geologice ale României, date care îşi păstrează actualitatea.

O dată cu înfiinţarea universităţilor de la Iaşi (1860) şi de la Bucureşti (1864), apar primele catedre de geologie şi primele studii sistematice în acest domeniu. „Studiul geologic al unei ţări este una din cele mai importante lucrări ce se poate face, pe de o parte pentru prosperitatea materială a acestei ţări, iar pe de altă parte pentru progresarea ştiinţei", scria Gr. Ştefănescu în 1882.

Lucrările lui Gr. Cobălcescu reprezintă primele contribuţii româneşti la cunoaşterea unităţilor geologice ale teritoriului ţării noastre. Ele stau la baza studiilor regionale şi au o adevărată valoare istorică. Gr. Cobălcescu a fost primul care a studiat depozitele de fliş paleogen din Moldova, separînd în cadrul lui trei orizonturi oligocene; a făcut o separare litologică în cadrul miocenului, a sarmaţianului, pentru care a făcut şi primele determinări de faună. În cadrul pliocenului el distinge mai multe grupe de strate cu faună diferită.

ETAJE GEOLOGICE ȘI ZONE PALEONTOLOGICE. În timp ce anumiți autori reușeau cu dificultate, să stabilească subdiviziunile de ordinul al doilea, în fiecare țară se elaborau și cele de ordinul trei, însă fără nici un fel de preocupare referitoare la corelare și sincronism Ele erau bazate, cînd pe natura litologică a terenurilor (*argilă plastică* sau *calcar grosier* în Bazinul parizian, argilă de *Oxford* în Anglia), cînd pe faună (calcare cu *Gryphea*). Uneori, cercetătorii se mulțumeau să le numeroteze (*silurian 1,2* și *3* în Norvegia, *silurian A pînă la H* în Boemia, Jura α, β în Suabia). Se aleg, de asemenea, și termeni locali (*Portlandien* și alții).

Lucrarea *Calcarul de la Răpidea* (1862) reprezintă primul studiu paleontologic și stratigrafic de amploare, apărut în țara noastră. El precizează vîrsta miocenă a depozitelor din Podișul Moldovei și folosește pentru prima dată o terminologie geologică românească.

Gr. Cobălcescu a făcut cercetări și în zona depozitelor din regiunile carpatice, ocupîndu-se de problema originii și răspîndirii zăcămintelor de petrol. În lucrarea *Asupra unor tărîmuri terțiare din România* (1882), studiu paleontologic și stratigrafic al formațiunilor neogene din regiunea Buzău, el stabilește o echivalență între stratele cu *Psilodon*, pliocene, din România și stratele cu *Paludine* din Slovenia, care este valabilă și în zilele noastre. De altfel, lui Gr. Cobălcescu îi aparțin primele determinări de faună terțiară, multe dintre acestea fiind valabile și astăzi. În anul 1822, la inițiativa sa se înființează „Biroul geologic", care realizează prima hartă geologică a României.

Lucrările lui Gr. Cobălcescu și Gr. Ștefănescu ilustrează începuturile paleontologiei românești. Gr. Ștefănescu a făcut cercetări asupra vertebratelor, fiind preocupat de adunarea datelor geologice de pe întreg teritoriul României. Studiul *Oseminte de mamifere fosile din România*, scris în anul 1872, a fost cunoscut la vremea respectivă în toată lumea. Gr. Ștefănescu s-a ocupat și cu studiul plantelor fosile și al moluștelor din depozitele terțiare.

M. Drăghiceanu este autorul unui tratat de cosmologie și a numeroase lucrări de geologie minieră și de hidrogeologie. Studiile sale privind geologia exploatării zăcămintelor de sare (1874), precum și cele asupra ozocheritei (1876) și asupra altor zăcăminte de minereuri sînt deosebit de valoroase. Mai trebuie menționată: prima monografie a județului Mehedinți care este însoțită de o hartă geologică în 16 culori (1885) și care este o lucrare complexă. În 1890 el întocmește și harta geologică a României, care a servit la alcătuirea hărții geologice a Europei la scara 1 : 1 500 000.

Pleiada înaintașilor geologiei românești continuă. Astfel, trebuie menționată și contribuția lui V. Popovici-Hațeg, care a precizat multe date încă actuale asupra geologiei masivului Bucegi. El a semnalat prezența neojurasicului și a separat stratele de Sinaia neocomiene și conglomeratele de Bucegi mezocretacice.

Ilustrul geolog român G.Munteanu-Murgoci (1872—1925), în afara descifrării structurii în pînză a Carpaților Meridionali, a dat prima interpretare sgeologică a Dobrogei de nord și a intuit existența Depresiunii Moldovenești, de vîrstă jurasică.

În ceea ce privește stratigrafia Ludovic Mrazec (1867—1944) una din figurile proeminente ale geologiei românești, a adus date valoroase asupra paleogenului și neogenului. El a reușit să separe seriile cristaline din Carpații Sudici realizînd o clasificare a rocilor pe baza unor lucrări detaliate de teren și laborator, care au stat la baza tuturor cercetărilor ulterioare. Printre lucrările publicate înainte de anul 1900, singur sau în colaborare cu L. Duparc (Elveția), Gr. Ștefănescu, G. Murgoci, R. Pascu amintim pe cele asupra Carpaților Sudici și Dobrogei, în care sînt prezentate date petrografice deosebit de valoroase, bazate pe observații de teren și pe studii microscopice foarte competente.

După anul 1900 școala geologică românească continuă să desfășoare o activitate susținută pentru descifrarea mai departe a structurii geologice a pămîntului României, contribuind astfel la valorificarea resurselor sale de substanțe minerale utile. — *M.P.*

Împărțirea în *etaje* a fost propusă de Alcide d'Orbigny în cadrul a două lucrări esențiale: *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphique (1849) și Prodrome de paléontologie stratigraphique et universelle des animaux mollusques et rayonnés* (1850—1852). Cu această ocazie, se înțelege că s-au ivit și foarte mari dificultăți; demarcațiile dintre marile ere nefiind interpretate în același fel de toți geologii, limitele dintre etaje fiind și mai greu de fixat.

Același d'Orbigny a propus să se împartă jurasicul și cretacicul în 27 de etaje succesive, pe care le-a desemnat prin adjective amintind cîte o localitate tip. În *Prodromul* său, el a dat aproape 20 000 de specii de nevertebrate fosile, pe care le-a repartizat în cadrul etajelor amintite. Fidel ideilor lui Cuvier, d'Orbigny credea că fauna era distrusă la sfîrșitul fiecărui etaj de mari cataclisme,de „revoluții ale globului", care corespundeau, potrivit gîndirii sale, unor dislocări ale scoarței terestre, în urma cărora luau naștere discordanțe de stratificație între doi termeni consecutivi ai seriei sedimentare. Această noțiune de *discordanță*, întrevăzută de Lavoisier, exprimată de Élie de Beaumont și dezvoltată pe larg de d'Orbigny, era chemată să joace un rol capital în definirea sistemelor și etajelor. Este de remarcat că în această epocă teoria creațiilor succesive era deja puternic atacată.

„Am fost îndemnat să cred și persist în a crede acest lucru, scria Constant Prévost în 1850, că din momentul cînd au fost întrunite pe suprafața Pămîntului condițiile indispensabile vieții, plantele și animalele — create de o putere pe care știința nu are dreptul s-o definească, dar nici să o nege — nu au încetat să o populeze în mod neîntrerupt și în împrejurări esențialmente asemănătoare cu cele în care ele s-au dezvoltat pînă în momentul actual. Primele sau cele mai vechi ființe sînt legate, printr-o organizare comună, atît de intim cu cele care sînt contemporane omului, încît și unele, și altele nu pot fi considerate decît părți ale unui tot indivizibil, a cărui concepție a fost o operă unică, pe care nici timpul și nici un eveniment sau cataclism neprevăzut nu i-ar fi putut întrerupe sau altera dezvoltarea".

Nouă ani mai tîrziu, Charles Darwin publica *Originea speciilor* operă a cărei influență a fost considerabilă în biologie, în paleontologie și în stratigrafie. Archibald Geikie vorbește despre „un fel de surpriză și trezire" provocate geologilor din acea epocă, prin citarea a două capitole referitoare la „Imperfecțiunea documentelor geologice" și la „Succesiunea geologică a ființelor organizate". Cercetările ulterioare au confirmat concluziile geologice ale lui Darwin și au arătat succesiunea speciilor în suita de formațiuni sedimentare.

În 1854 și 1855, paleontologul german Albrecht Oppel a demonstrat că diversele specii de amoniți ocupă nivele constante în jurasicul din Germania, Elveția, Franța și Anglia și că repartiția lor pe verticală permite să se distingă 33 de nivele succesive ale acestei perioade, fiecare fiind caracterizat prin una sau mai multe specii de amoniți, care se găseau totdeauna în aceeași zonă, în toate țările europene pe care le studiase.

Exemplul lui Albrecht Oppel a fost urmat de elevii săi Waagen și Heumayr, care au stabilit alte serii evolutive și au arătat importanța *zonelor* paleontologice în stratigrafie. Reînnoirea parțială a faunei a fost, în sfîrșit, clar explicată,

fie prin evoluție pe loc, fie prin migrări, prilejuite de transgresiunile marine care în acest caz, marchează începutul unui nou etaj.

În felul acesta, și-au aflat utilizarea ideile parțial exacte ale lui Cuvier, Alcide d'Orbigny și Constant Prévost, care consideraseră reînnoirea faunei ca o urmare a migrațiilor — în ceea ce îi privește pe primii doi —, sau ca o consecință a evoluției pe loc — în cazul celui din urmă.

Noile metode au fost aplicate și la alte grupe. Astfel, zonele cu graptoliți din Scoția, definite de Lapworth, au fost regăsite în Suedia, apoi în Franța și în America. La fel s-a întîmplat în cazul zonelor cu trilobiți din cambrian etc.

Ca urmare, progresele paleontologiei stratigrafice au fost foarte rapide și s-a putut constata că acest nou aspect al geologiei era cu totul diferit de paleontologia pură.

„Dacă paleontologia caută să reconstituie înlănțuirea ființelor, scrie E. Haug, paleontologia stratigrafică are în vedere mai cu seamă evoluția faunei și florei în timp și în spațiu".

CĂTRE SCARA STRATIGRAFICA INTERNAȚIONALĂ. Primele încercări de a împărți istoria Pămîntului în etaje definite prin fauna și flora fosilă, au fost regrupate de Mayer-Eymar, și mai tîrziu, în 1873—1874, de E. Renevier, profesor la Universitatea din Lausanne, în al său *Tableaux des terrains sédimentaires*. După confruntarea diverselor opinii cu ocazia primului Congres internațional de geologie (Paris, 1878), Munier-Chalmas și A. de Lapparent au propus, în 1893, în nota lor *Sur la nomenclature des terrains sédimentaires*, o scară stratigrafică uniformă pentru întreaga lume. Această strădanie, cea mai remarcabilă încercare de la d'Orbigny încoace a fost primită în mod favorabil și noua scară fu imediat utilizată de către Serviciul de hărți geologice al Franței. În sfîrșit, la Congresul de la Zürich, din 1894, E. Renevier a prezentat *Cronograful geologic*, a doua ediție a *Tabloului* din 1874, îmbogățit cu numeroase date noi, cu un text explicativ și cu un repertoriu stratigrafic universal, la care se face încă apel. A trebuit să se aștepte, prin urmare, sfîrșitul secolului al XIX-lea, pentru ca lumea științifică să fie în posesia unei adevărate scări stratigrafice internaționale.

Ansamblul vieții Pămîntului este împărțit, în consecință, în cinci *ere*: precambrian, primar, secundar, terțiar și cuaternar.

Cu excepția precambrianului, introdus de geologul canadian William Logan, fiecare eră este împărțită în *perioade* sau *sisteme*:

Primar: cambrian, silurian, devonian, carbonifer, permian.
Secundar: triasic, jurasic, cretacic.
Terțiar: numulitic și neogen.
Cuaternar: pleistocen și holocen.

Fiecare perioadă este împărțită în *etaje* definite printr-o transgresiune marină și o faună marină specifică, prezentînd fosile caracteristice.

În sfîrșit, fiecare etaj poate fi el însuși subîmpărțit în *zone* stabilite în funcție de fosila caracteristică.

DURATA TIMPURILOR GEOLOGICE. Această scară stratigrafică ţinea seama de succesiunea depozitelor, faunei şi florei, dar nu oferea nici o indicaţie cu privire la durata reală a timpurilor geologice. La începutul secolului, Cuvier, foarte respectuos faţă de textele biblice, scrie în *Discursul* său:

„Cred, ca şi domnii de Luc şi Dolomieu, că dacă este ceva constatat în geologie, aceasta este faptul că suprafaţa globului nostru a fost victima unei mari şi subite revoluţii, moment ce nu poate fi situat mai departe de 5 sau 6 000 de ani în urmă".

Cuvier admitea, de altfel şi alte revoluţii, petrecute mai de mult, dar el nu le fixa nici o dată.

Această cercetare a vîrstei reale a fenomenelor geologice este obiectul *geocronologiei*, termen creat de americanul H. S. Williams în 1893. Geologii din secolul al XIX-lea au întreprins în acest domeniu diverse studii, bazate pe fenomene astronomice, pe viteza de sedimentare, pe viteza de eroziune, ori pe viteza de evoluţie a fiinţelor organizate.

Întrucît perioadele glaciare ale cuaternarului îi interesa în cea mai mare măsură pe specialiştii în preistorie, au fost căutate cauzele lor în modificarea înclinării axei Pămîntului şi în diferite fenomene astronomice a căror durată putea fi determinată. Unul dintre primele „calcule", cel al lui Croll (1875), a fixat durata pleistocenului la 1 milion de ani, număr care nu va fi cîtuşi de puţin modificat. Alţi autori, cum este J. Péroche (1877), fac apel la deplasările polilor, idee reluată în mod periodic după ce a fost emisă de Alessandro degli Alessandri în secolul al XV-lea.

Atribuind precesiei echinocţiilor alternanţele de nivele calcaroase şi argiloase din cretacicul de Colorado, G.K. Gilbert apreciază durata acestei perioade la 20 de milioane de ani. Comparînd modificările faunei terţiare şi cuaternare, Charles Lyell ajunge la concluzia că evoluţia din timpul pleistocenului nu a depăşit a douăzecea parte a celei care s-a produs de la începutul miocenului. Acceptînd calculul lui Croll, el fixează începutul miocenului la 20 de milioane de ani şi durata totală a terţiarului la 80 de milioane; socotind 12 cicluri de la începutul erei primare, el estimează această dată la 240 de milioane de ani. Aceste cifre vor fi cu siguranţă modificate, în cursul secolului al XX-lea, ele sînt însă o dovadă asupra curajului şi lucidităţii lui Ch. Lyell.

Studierea sedimentelor aparţinînd erei primare din regiunea de vest a Americii l-a condus pe Walcott, în 1893, să evalueze la 200 de ani durata unei depuneri de 30 cm, ceea ce însemna 17,5, milioane ani pentru era primară, 7 milioane pentru era secundară şi 3 milioane pentru terţiar. Aceste cifre, cu mult prea modeste, au mai fost corectate în 1897 de Goodchild, care a fixat baza erei primare la 704 milioane ani.

Răcirea progresivă a globului fiind pe atunci admisă fără discuţii, Lord Kelvin a crezut, în 1893, că timpul scurs de la consolidarea globului ar putea fi apreciat între 20 şi 400 milioane ani. Obişnuiţi cu cifre mult mai mari, geologii nu au acceptat aceste concluzii, astfel că au urmat controverse îndelungate, soluţia nefiind găsită decît în secolul al XX-lea.

B. TEORII ASUPRA FORMĂRII LANȚURILOR DE MUNȚI

TEORIA CRATERELOR DE RIDICARE. Prima parte a secolului al XIX-lea rămîne sub influența a două mari școli fundate în secolul al XVIII-lea: școala de la Freyberg, cu neptunismul lui Werner, și școala de la Edinburgh, cu plutonismul lui James Hutton (cf. vol. II, pp. 703—705). În orice caz, descoperirile făcute de Guettard și Desmarest, demonstrînd importanța rocilor eruptive, păreau să le dea dreptate plutoniștilor. În plus, mulți elevi ai lui Werner au părăsit tezele maestrului lor.

Marele explorator Alexander von Humboldt (1769—1859) a întreprins călătorii de cercetare în cele două Americi, între anii 1799—1807; în special în cordiliera andină. Botanist, geolog și meteorolog, el a studiat toate aspectele acestor ținuturi încă insuficient cunoscute, a adunat numeroase observații referitoare la cutremurele de pămînt, vulcani și la structura geologică a Americii de Sud și a publicat în acest domeniu mai multe studii importante (cf. pp 398—399).

Leopold von Buch (1774—1853) după ce a vizitat Vezuviul, insulele Canare, și regiunea Auvergne în 1802, a recunoscut justețea ideilor lui Guettard și Desmarest, despărțindu-se de Werner. O dată cu punerea la punct a *teoriei craterelor de ridicare*, pe care o face cunoscută în 1809, el și-a continuat observațiile cu prilejul a foarte numeroase călătorii geologice. În 1816, el a descris vulcanii din Canare, distingînd un „crater de ridicare" compus din strate inițial orizontale, redresate apoi în mod brusc datorită evenimentului a cărui ultimă consecință este conul de erupție situat în mijlocul circului. Observînd direcțiile lanțurilor de munți, apoi vîrstele relative ale diverselor roci eruptive, Leopold von Buch a publicat, în 1824, studii fundamentale asupra dolomitelor din Tirol și asupra munților din Germania pe care îi împarte în patru sisteme, explicînd ridicarea lor.

Tot în anul 1824, asistăm la reeditarea cercetărilor lui Cuvier asupra scheletelor fosile și asupra revoluțiilor globului. În 1827, Ami Boué insistă asupra diferenței de vîrstă dintre diversele lanțuri de munți, afirmînd că Alpii s-au ridicat în mai multe etape, începînd din carbonifer. În S.U.A., James D. Dana și alții publică observații și teorii asemănătoare.

ÉLIE DE BEAUMONT ȘI TEORIA „REȚELEI PENTAGONALE". Cariera științifică a lui Léonce Élie de Beaumont începe în această epocă, în care teoria catastrofelor a lui Cuvier este susținută de toți autorii remarcabili și în care Leopold von Buch (și mulți alții) disting „sisteme de munți" de vîrste diferite și propun drept explicație „craterele de ridicare", adică numai mișcări verticale.

În 1829, L. Élie de Beaumont (1798—1874) prezintă la Academia de Științe *Recherches sur quelques révolutions de la surface du glob*, pe care Brongniart și Arago le comentează în mod favorabil. El precizează vîrsta relativă a unei ridicări, examinînd ansamblul stratelor ridicate în același timp. El afirmă constanța direcției stratelor și consideră că direcțiile diferite corespund unor lanțuri de vîrste diferite, punînd astfel într-un raport evident „sistemele de

munți" ale lui Leopold von Buch și „revoluțiile globului" ale lui Cuvier. Mișcările verticale și „craterele de ridicare" stau la originea marilor regiuni de relief. Întrucît fiecare „revoluție a globului" provoacă apariția unui lanț de munți avînd o direcție bine precizată, Élie de Beaumont distinge la început patru sisteme de ridicare (Coasta de Aur, Pirineii, Alpii occidentali și Alpii principali). El amplifică în curînd acest număr de nouă, apoi, la 21 (în 1847), iar în 1852, în *Notice sur les systèmes de montagnes* (3 vol.), admite existența a 22 de sisteme de munți, în cadrul a trei rețele cu direcții diferite, care se întîlnesc din nou, pentru a forma o rețea complicată cu „simetrie pentagonală" dominantă.

Sprijinindu-se, ca și toți contemporanii săi, pe teoria contracției globului terestru, Élie de Beaumont arată că această contracție a produs anumite bombaturi. Reînnoind teoria referitoare la formarea lanțurilor de munți prin mișcări tangențiale sau compresiuni bilaterale ale sedimentelor, el oferă o primă explicație serioasă:

„Lanțurile de munți, scrie el, corespund prin esență acelor părți ale scoarței terestre a căror extindere pe orizontală a fost diminuată ca urmare a efectului unei striviri transversale. Porțiunile rămase intacte, de o parte și de alta, au încetat să mai fie legate între ele într-un mod invariabil; ele au format un fel de fălci ca ale unei menghine, între care a fost comprimată partea din mijloc".

James D. Dana, dimpotrivă, optează pentru împingeri unilaterale, acționînd în mod constant dinspre regiunile oceanice spre continente, cărora li se adaugă în felul acesta noi lanțuri de munți.

În timp ce teoria mișcărilor tangențiale va fi reluată pe baze concrete de către Albert Heim în 1878, teoria „rețelei pentagonale" cunoaște un succes imediat. Chiar dacă au existat cîțiva adversari, ca Ami Boué, Adam Sedgwick și Constant Prévost, „unanimitatea geologilor" ortodocși l-a susținut pe Élie de Beaumont pînă la moartea acestuia, în 1874. Apoi, nu s-a mai vorbit despre el și s-a trecut la teoria tetraedrică.

TEORIA TETRAEDRICĂ. Autorul acestei noi ipoteze, Lowthian Green, susține în principiu că o sferă care se contractă tinde să devină o piramidă triunghiulară, un tetraedru (1875). Noua teorie, a cărei idee esențială a fost enunțată pentru prima oară în lucrarea *Terre et ciel* a filozofului Jean Reynaud, a fost adoptată cu entuziasm și chiar predată în școli cu multă seriozitate. Marcel Bertrand este acela care adaugă că, în virtutea deplasării polilor de-a lungul timpurilor geologice, tetraedrul și-a schimbat în mod constant poziția și a publicat chiar (în 1895) traiectoria fiecărui vîrf de pe suprafața globului...

LYELL ȘI CONSTANT PRÉVOST: ACTUALISMUL. În ceea ce privește cauzele mecanice ale cutărilor, autorii clasici admiteau teoria cataclismelor, conform căreia deformările scoarței terestre și formele de relief se datoresc unor fenomene bruște, de un tip necunoscut în lumea actuală. Charles Lyell și Constant Prévost au devenit susținătorii unei teorii cu totul diferite: uniformitarism sau actualism. Considerînd, după Hutton, că „prezentul este cheia trecutului",

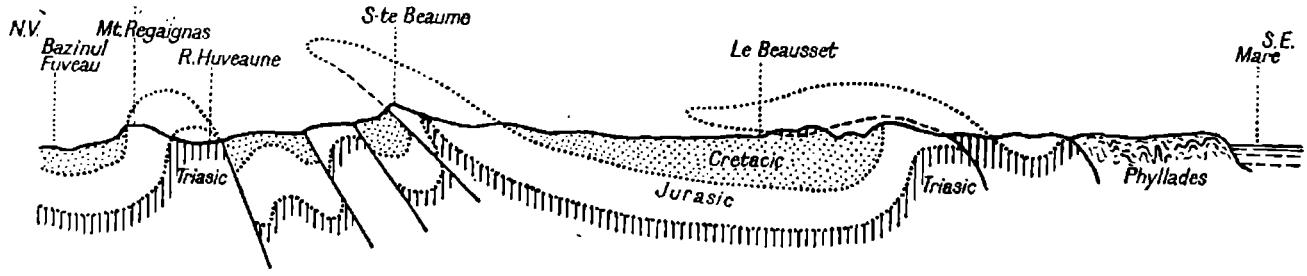


FIG. 16. SECȚIUNEA GEOLOGICĂ – PROVENCE, LA VEST DE TOULON.
Cuta de la Beausset (Marcel Bertrand, „Bull. Soc. Géol. de France", 1887).

Lyell (*Principles of Geology*, 1830—1833) a regăsit în fiecare perioadă geologică aceleași fenomene realizate de aceiași agenți și prin același mecanism. Constant Prévost a mers mai departe, afirmînd că în trecut cauzele nu erau diferite de cauzele actuale și că ele produceau efecte identice cu cele pe care putem să le studiem în natura actuală. Deși a întîmpinat o anumită rezistență, teoria și-a urmat drumul său fiind predată, începînd din 1875, de Stanislas Meunier la Muséum.

Presupunîndu-se că se cunoșteau fie efectele, fie cauzele fenomenelor geologice s-a mers chiar mai departe, în sensul că s-a crezut că acestea din urmă ar putea fi reproduse în laborator, la scară mică. În Franța, Daubrée și Stanislas Meunier au făcut numeroase experiențe nu lipsite de interes, dar continuatorii lor au abuzat de aceste metode imperfecte care, de cele mai multe ori, după cum afirmă E. Haug, „nu aveau decît valoarea unor experiențe de fizică distractivă." În orice caz, aceste încercări prefigurează un aspect al viitoarelor studii de geologie dinamică.

TEORIA PÎNZELOR DE ȘARIAJ. În 1878, geologul elvețian Albert Heim a reluat teoria lui Élie de Beaumont, referitoare la formarea lanțurilor de munți prin compresie bilaterală, publicînd o descriere detaliată a Alpilor Glaris, care cuprindea dovezile existenței unor mari cute culcate cu flanc invers alungit, cărora le găsea o explicație mecanică.

Cercetînd munții Jura, Marcel Bertrand (1847—1907) renunță la principiul direcției al lui Élie de Beaumont și urmărește stratele din aproape în aproape, adoptînd concepția faciesurilor datorată geologului elvețian Gressly (1838). El trece apoi în Provence și, inspirat în parte de lucrările lui Albert Heim și ale lui Grosselet asupra bazinului de huilă din nordul Franței, susține în 1884 generalitatea fenomenelor de acoperire în toate marile zone cutate. El explică peticul de acoperire de la Beausset, punînd în evidență prezența unei cute culcate, urmare a unui fenomen de șariaj desfășurat pe mai mulți kilometri (fig. 16). În 1890, el prezintă o lucrare *Sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des deplacements horinzontaux*. Completîndu-și punctele de vedere asupra Alpilor Glaris, el explică diversele aspecte ale reliefului prin existența unor imense pînze de șariaj venite de foarte departe. Lucrarea sa din 1899 asupra regiunii Provence conține, în germene, toate concepțiile viitoare referitoare la relațiile dintre Dinaride și Alpi, în legătură cu „tăvălugul zdrobitor" și cu cutele pe care acest tăvălug le-a culcat și le-a laminat sub greutatea sa.

Această teorie a marilor pînze de șariaj a avut și cîțiva adversari, ca Fournier, dar ea a cucerit marea majoritate a geologilor și, timp de mai multe decenii, totul a fost explicat prin prisma ei. Albert Heim, Maurice Lugeon și Eduard Suess au devenit, printre alții, susținătorii acestei ipoteze care i-a determinat pe tectonicieni să-și concentreze eforturile asupra lanțului Alpilor[4].

Totuși, în lucrarea sa *The Origin of Mountain Ranges* (1886—1903), englezul T. Mellard Reade s-a ridicat împotriva teoriei contracției și a propus, dimpotrivă, ideea expansiunii, apreciind că fenomenul de dilatare termică a materialelor din zonele profunde ale geosinclinalelor reprezintă cauza normală a fenomenelor orogenice. Această idee va fi reluată în secolul al XX-lea.

VULCANII. În prima jumătate a secolului al XIX-lea, conform opiniei generale formarea vulcanilor era explicată prin teoria „craterelor de ridicare" promovată de Alexander von Humboldt și Leopold von Buch, iar ulterior de Élie de Beaumont.

„Nu este vorba, scria Humboldt, de o acumulare de scorii și de lave; presiunea maselor incandescente bombează solul, îl ridică; abia spre sfîrșit o explozie face să sară partea proeminentă, dînd naștere uneori la un con de erupție în mijlocul craterului".

L. von Buch scria, la rîndul său, că Vezuviul a apărut în anul 79 „format în întregime de către adîncurile Pămîntului".

Élie de Beaumont va spune despre Etna: „Într-o zi, factorul intern care despica atît de des terenul, l-a frînt și l-a ridicat. De atunci, Etna este un munte. Această ridicare s-a produs în mod subit și dintr-o singură dată".

Formarea unui vulcan se desfășura astfel în două etape, la început o ridicare care crea o formă importantă de relief, apoi un crater de erupție.

În orice caz, Lyell și G. Poulett Scrope (*The Geology and extinct Volcans of Central France*, Londra, 1826) în Anglia, Constant Prévost în Franța au luptat împotriva acestei concepții, preluînd-o pe cea a lui Spallanzani care scria la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, după studierea insulelor Lipare, că marii vulcani s-au format prin acumularea lavelor și cenușilor provenite din erupții succesive.

Această examinare a principalelor teorii referitoare la formarea munților ne arată influența considerabilă pe care au exercitat-o oameni, ca Leopold von Buch, Charles Lyell, Élie de Beaumont și Marcel Bertrand. Ea evidențiază, de asemenea, faptul cum anumite teorii care ne par ciudate au fost discutate cu pasiune și au stimulat cercetările adversarilor lor în căutare de noi adevăruri.

[4] În perioada începuturilor dezvoltării tectonicii pe plan mondial geologii români aduc o contribuție de seamă în acest domeniu, descifrînd structura complicată a Carpaților și a regiunilor învecinate. Astfel, G.M. Murgoci a fost cel care a descoperit prima „pînză tectonică" din România în Carpații Meridionali și cel care a stabilit existența „Pînzei getice". În restul Carpaților elementele structurale sînt puse în evidență și de I.P. Voitești.

L. Mrazec a semnalat existența unor cute anticlinale cu un sîmbure de sare pe care le-a denumit cute diapire și care au fost recunoscute apoi, ca atare, în întreaga lume. De asemenea, el a fost printre primii care au intuit că axa regiunilor geosinclinale se deplasează spre exterior. — *M.P.*

C. GEOMORFOLOGIA

FORMELE DE RELIEF. Faptul că relieful actual este rezultatul acțiunii de fragmentare, de sculptare, exercitată de agenții exogeni asupra formelor elementare născute în urma proceselor de cutare și de ridicare a scoarței terestre, nu era bine stabilit la începutul secolului al XIX-lea.

Cu toate acestea, Guettard a publicat în 1776 lucrarea *Sur la dégradation des montagnes faites de nos jours par les fortes pluies ou averses d'eau, par les fleuves, les rivières et la mer*. Au mai existat predecesori, ca Ristoro d'Arezzo (1282), John Ray și F. Generini, care au intuit rolul primordial jucat de apele curgătoare în modelarea reliefului. Desmarest, Hutton și Playfair, Lamarck și alții au explicat și ei adîncirea văilor prin acțiunea apelor repezi, dar opinia curentă era dominată de teoria diluviană care atribuia acest lucru apelor potopului universal în drumul lor spre ocean. Totuși, din 1836 L. Agassiz se dedică studiului eroziunii glaciare, arătînd existența, în numeroase puncte de pe glob, a unor mărturii referitoare la mișcările unor ghețari străvechi.

Rolul și legile eroziunii au fost definite, în 1841, de Alexandre Surell în studiile sale asupra torenților din Alpii Superiori, dar abia mai tîrziu au fost luate în considerare condițiile structurale preexistente oricărei forme de relief. Faptul, bănuit de Guettard încă în 1774, că activitatea permanentă de eroziune conduce — în cazul cînd nu este perturbată de mișcări de ridicare — la distrugerea totală a reliefului, a fost susținut în 1889 de germanul A. Penck, care considera această nivelare generală drept un „rezultat final al eroziunii". Această ultimă formă de relief a fost denumită de geograful american William Morris Davis, *peneplenă*.

VOCABULARUL GEOMORFOLOGIEI. În secolul al XIX-lea geografia a fost mai cu seamă matematică și descriptivă, dar treptat metodele sale au evoluat și s-au completat.

Emmanuel de Margerie (1862—1953) se străduiește să demonstreze că „Geografia, timp îndelungat restrînsă doar la reprezentarea, iar apoi la descrierea suprafeței globului, trebuie — pentru a deveni explicativă — să se sprijine din ce în ce mai mult pe rezultatele obținute de către geologie, starea actuală a continentelor fiind, cu siguranță, o consecință și o finalizare logică a istoriei lor".

Formele de teren, peisajele, fiind astfel explicate de geologie, Emmanuel de Margerie și generalul de La Noë îmbogățesc geomorfologia cu noțiuni noi și cu un vocabular propriu, în lucrarea lor *Les formes du terrain* (Paris, 1888) care a fost apreciată ca o capodoperă în ceea ce privește ordinea, claritatea și precizia. Această lucrare evidențiază, în particular, cum suprafețele topografice actuale derivă din forme cu totul diferite—formele tectonice, „suprafețele structurale" originale—și aceasta sub influența agenților atmosferici, în special a apelor curgătoare.

În același an, E. de Margerie și A. Heim publică în trei limbi lucrarea *Dislocation de l'écorce terrestre. Essai de définitions et de nomenclature*, care stabilește, pentru prima dată, nomenclatura și clasificarea diverselor accidente tectonice ce pot surveni în scoarța terestră (cute, flexuri și falii), cu sinonimii în limbile franceză, engleză și germană. Datorită acestor două lucrări, de aici înainte geologii puteau descrie formele topografice și accidentele geologice.

D. HĂRȚILE GEOLOGICE

În timp ce harta topografică redă formele de teren, harta geologică este reprezentarea grafică a cunoștințelor referitoare la vîrsta și natura rocilor. Prin culori diferite este indicată extinderea formațiunilor, iar prin numeroase semne sînt marcate punctele care prezintă un interes special (punctele fosilifere, cariere, mine etc.). O notă explicativă comentează și completează indicațiile hărții.

Am văzut în volumul precedent (pp. 706—707) că Fontenelle și Guettard au avut idei inovatoare în această privință și că, în ultimele decenii ale secolului al XVIII-lea, au apărut mai multe hărți geologice în diferite țări.

HARTA GEOLOGICĂ A FRANȚEI. Realizarea *Atlasului mineralogic al Franței*, lucrare inițiată de Guettard și Lavoisier, a fost întreruptă de Revoluție; în 1794, însă, Comitetul de salvare publică înființează o „Agenție de mine", avînd menirea să inventarieze resursele minerale ale Republicii, să constituie colecții, să stabilească un învățămînt și să reia proiectul Descrierii mineralogice a Franței. În realitate, abia în 1809 tînărul geolog din Liège J. B. d'Omalius d'Halloy, care făcuse rodnice călătorii geologice prin Franța, a primit însărcinarea să întocmească *Harta mineralogică a Imperiului francez*. Această hartă geologică în culori, terminată în 1813, nu a fost însă publicată decît între anii 1822 și 1828.

Începînd din 1823, Élie de Beaumont și Dufrénoy au fost numiți să întocmească o nouă *Hartă geologică a Franței*. După ce s-au familiarizat, în cursul unei călătorii de studiu, cu ultimele lucrări ale școlii britanice, ei au realizat treptat această lucrare, folosind mai cu seamă materialul cules de predecesorul lor. Această hartă, însoțită de o *Explicație*, din nefericire neterminată (3 vol., 1847—1873), era realizată într-un mod atît de corect, pentru acea epocă, încît cea care a fost publicată în 1889 de G. Vasseur și L. Carez nu se deosebea de ea în mod esențial. Funcționînd în locul unui organism provizoriu creat cu ocazia Expoziției universale din 1867, Serviciul Hărții geologice, încredințat lui Élie de Beaumont, a stat la baza elaborării hărții amănunțite la scara de 1 : 80 000, ale cărei 267 foi au apărut între anii 1874 și 1912. O hartă de ansamblu, foarte completă, la scara 1 : 1 000 000, a fost editată în 1889.

În afară de întocmirea hărții, acest serviciu publică importante memorii explicative ori complementare. Nu putem decît aminti, printre lucrările mai importante, pe cele ale lui Deshayes, A. de Lapparent și G.F. Dollfus asupra Bazinului Parisului, ale lui Eudes Deslongchamps și A. Bigot despre Normandia, ale lui Gosselet referitoare la munții Ardeni, ale lui Buvignier realizate în bazinul Meusei, ale lui Bergeron în Montagnes Noires, ale lui P. Termier relativ la muntele Pilat, ale lui A. Michel Lévy referitoare la masivul Morvan, ale lui M. Boule despre regiunea Velay, ale lui A. Daubrée elaborate în zona Rinului inferior, ale lui J. Marcou, G. Boyer și W. Kilian în munții Jura, F. Fontannes în bazinul Rhonului, Ch. Lory, W. Kilian, P. Termier, E. Haug, Zürcher și L. Bertrand în Alpi, d'Archiac în munții Corbieri, Leymerie în Pirinei etc.

HĂRȚILE GEOLOGICE ALE ȚĂRILOR EUROPENE. O activitate asemănătoare se desfășoară în numeroase țări din Europa. Prima hartă geologică detaliată a Angliei, a Țării Galilor și a unei părți a Scoției este datorată lui William Smith, care a început elaborarea ei între anii 1794 și 1801, publicînd-o în 1815 (în 20 de culori), însoțită de un „Memoriu explicativ", — înainte de a întocmi 21 de hărți ale ținuturilor britanice. În 1815, a apărut Harta Irlandei realizată de R. Griffith, urmată în curînd de Harta Angliei și a Țării Galilor, a lui George Greenough (1819). Alte hărți care merită să fie amintite: Scoția (1836), Irlanda (1839), ansamblul insulelor britanice (1878), în sfîrșit, Anglia și Țara Galilor (de A. Geikie, 1896). Menționăm că în Marea Britanie ia ființă în 1835, sub direcția lui H. Th. de La Beche, Geological Survey, primul serviciu național oficial al hărții geologice.

Germania îi datorează lui Leopold von Buch prima sa hartă geologică de ansamblu (41 de foi, 1826—1832), care va fi completată și corectată cu numeroase hărți parțiale și cu hărțile de ansamblu publicate în 1869 și în 1897 (1 : 500 000, de către R. Lepsius). Semnalăm harta regiunii din nordul masivului Hartz, întocmită de E. Beyrich (1851), care pare să fie prima hartă geologică *tipărită* în culori.

Treptat, datorită mai ales serviciilor specializate create în mod progresiv de majoritatea guvernelor, de pildă în Anglia (1835) în Austro-Ungaria (1849), în Rusia și România (1882)[5], hărțile geologice ale tuturor țărilor din Europa erau în curs de elaborare, și colecția întreagă a putut fi prezentată la Expoziția universală de la Paris din 1900. Așa a fost cazul pentru Belgia (1853), Țările de Jos (1867), Elveția (1853 și 1894), Italia (1841, 1881), Spania și Portugalia (1864), Norvegia (1865—1879) și Rusia (1841, 1845, 1859).

[5] Prima hartă geologică a României (începută în 1882) a fost întocmită sub îndrumarea lui Gr. Ștefănescu în cadrul Biroului Geologic, la scara 1 : 2 000 000. Pe această hartă au fost reprezentate principalele formațiuni geologice din Carpați și Dobrogea, în 12 culori, constituind o primă etapă în dezvoltarea cartografiei geologice. În ediția revizuită a hărții Europei sînt efectuate o serie de completări corespunzătoare noilor date stratigrafice și tectonice. — *M.P.*

Primele încercări, de altfel premature, de a aduna la un loc aceste elemente disparate le constituie *Harta geologică a Europei* realizată de Murchison și J. Nicol (4 foi, 1856) și cea a geologului belgian André Dumont publicată la scara de 1 : 3 000 000 (4 foi, Paris, 1855—1857). Congresul internațional de geologie de la Bologna (1881) ia hotărîrea de a se întocmi o *Hartă internațională a Europei*, prin colaborarea tuturor serviciilor competente. Cu toate dificultățile inerente, această hartă în 49 de foi, la scara de 1 : 500 000, a apărut la Berlin, între anii 1894 și 1913.

HARTA GEOLOGICĂ A LUMII. Ideea unei *Hărți geologice a lumii* preocupa deja cercurile de specialitate, dar trebuia să se aștepte hărțile pe continente și să se pună în mișcare un for internațional care să se ocupe de acest lucru.

Pentru a completa rezultatele obținute în Europa și în America, au fost efectuate, de către geologii din Europa occidentală, lucrări de recunoaștere în diverse țări. A fost realizată astfel o operă considerabilă care, deși inspirată deseori de preocupări de expansiune colonială, apare ca prima fază a „asistenței tehnice". Vom cita, cu titlu de exemplu, cîteva dintre lucrările franceze de acest fel: *Essai d'une description géologique de l'Algerie*, de A. Péron (1883), și *Explication de la Carte géologique de l'Algerie* de A. Pomel (1890); prima hartă de ansamblu a Tunisiei întocmită de F. Aubert (1892) și descoperirea unor fosfați de către Ph. Thomas; lucrările lui A. Pomel și G. Rolland asupra Saharei; cele ale lui Barrat în Africa ecuatorială; studiile lui A. Gaudry asupra geologiei Greciei și Ciprului.

La rîndul lor, geologii englezi participau în mod activ la inventarierea geologică a diverselor ținuturi din vastul Imperiu britanic. În afară de Canada, a cărei hartă geologică a fost întocmită de W.E. Logan (1865, 1889), Australia, Noua Zeelandă, Africa de Sud, India etc., sînt explorate în mod metodic, avîndu-se în vedere în același timp și realizarea de hărți geologice pentru aceste ținuturi.

Unele indicații vor fi date asupra hărților geologice americane. Semnalăm în continuare și primele hărți geologice japoneze (parțiale, 1877, 1882; de ansamblu, 1900) și apariția *Atlasului geologic al Chinei septentrionale* (1855).

Deși fragmentare, aceste indicații ilustrează ceea ce a fost prima recunoaștere a Lumii, care cu toate că era foarte incompletă aducea totuși informații utile asupra unor regiuni pînă atunci total necunoscute.

Dar, și înainte de această perioadă de activă recunoaștere, a existat o primă încercare de sinteză realizată de Ami Boué în al său *Essai de carte géologique du globe terrestre* (Paris, 1845, 1 foaie și 1 memoriu). Această tentativă a fost urmată de celebra *Carte géologique de la Terre* a lui Jules Marcou (8 foi, la scara de 1 : 23 000 000), din care au apărut două ediții (Zürich, 1861, și Viena, 1873), precum și o *Explicație* (1875). În sfîrșit, a apărut *Atlasul de geologie* al lui Hermann Berghaus (Gotha, 1892), prima parte din *Physikalischer Atlas* (ed. a 3-a), care publica hărțile geologice a cinci continente la aceeași scară de 1 : 80 000 000.

E. GEOLOGIA ÎN AMERICA

AMERICA DE NORD. Una dintre primele lucrări publicate asupra geologiei Americii de Nord este opera lui Guettard care, comparînd Canada cu Elveţia după eşantioanele de roci şi de fosile ce le-a primit, a întocmit, în 1752, o hartă geologică a continentului din Florida pînă la 60° latitudine nordică.

Cel dintîi geolog şi paleontolog american a fost Thomas Jefferson, cel de-al treilea preşedinte al Statelor Unite, care a publicat în 1797 primul său studiu asupra vertebratelor fosile în *Transactions of the American Philosophical Society*. William Maclure, elev al lui Werner, este autor al unor studii (1809) şi al unei hărţi geologice, iar A. Eaton al primei lucrări de geologie stratigrafică a statelor din nord (1818) şi al unui manual geologic, însoţit de o hartă în culori (1830).

Pe vremea organizării serviciilor geologice oficiale, dintre care primul a fost înfiinţat, în 1830, în statul Massachusetts[6] E. Hitchcock reeditează *Theoretical Geology* de La Beche (1837) şi publică *Elementary Geology* (1841), care a cunoscut 30 de ediţii în 20 de ani. Adăugînd o serie de observaţii făcute pe recifii de corali (1842), J.D. Dana publică un manual de geologie *(Book of Geology for Schools*, 1863) care, urmînd manualului ilustrat al lui E. Emmons (1855), a fost o carte de bază aproape 40 de ani. Mai menţionăm că în 1847 apare primul din cele opt volume din *Paleontology of New York* de James Hall, operă foarte importantă, îndeosebi în ceea ce priveşte nevertebratele. Acestor nume trebuie să li se adauge cele ale paleontologilor O.C. Marsh, J.S. Newberry şi E.D. Cope şi cele ale paleobotaniştilor L. Lesquereux, J.W. Dawson şi J.S. Newberry.

Merită să fie menţionate, în continuare, cîteva subiecte de discuţie specifice geologiei americane. Unul dintre ele se referă la urmele de paşi descoperite în gresiile şi argilele roşii din Connecticut. În 1845, E. Hitchcock distingea 49 de feluri de asemenea urme, dintre care 32 erau atribuite unor păsări. În 1860, R. Field a afirmat că este vorba de urmele paşilor unor reptile, ceea ce s-a confirmat în 1863, cu prilejul descoperirii primului schelet de dinozaur.

Un alt subiect îl formează nivelele fosilifere anterioare silurianului (sau taconicului) observate de E. Emmons, în Massachusetts (1841), şi a căror existenţă nu a fost admisă decît după descoperirea aceloraşi nivele în Anglia, unde ele au căpătat denumirea de cambrian. Între 1872 şi 1897, a suscitat multe discuţii problema mişcărilor „laramice", în legătură cu stabilirea limitei dintre cretacic şi terţiar. Studierea faunei mamiferelor din depozitele lacustre a arătat că marile ere geologice nu sînt separate în mod necesar prin discordanţe. În sfîrşit, amintim că în urma cercetării podişurilor înalte din

[6] Crearea acestor servicii a permis realizarea unor hărţi geologice mai detaliate ale diferitelor state. Prima dintre aceste hărţi, cea a Statului New York, a apărut în 1842. Hărţi ale Canadei şi ale ţinuturilor învecinate au fost publicate între anii 1865—1866 de W.E.Logan, cu sprijinul lui Geological Survey înfiinţat în 1842. Mai semnalăm că Serviciul geologic central al Statelor Unite, U.S. Geological Survey, a fost creat în 1879, iar în 1891, a fost fundat „Institutul geologic al Mexicului".

Utah, C.E. Dutton fromulează teoria *izostaziei* (1889), teorie schițată deja încă din 1860 de G.B. Airy și Pratt și care postulează un echilibru de greutate și de presiune în toată scoarța terestră, cu o ajustare în zona profundă, potrivit cu greutatea mai mare sau mai mică a suprafețelor vecine.

Astfel, în secolul al XIX-lea, tînăra geologie americană a contribuit din plin la dezvoltarea geologiei generale. Ea a fost mult mai legată de geologia europeană decît va fi în secolul al XX-lea, cînd geologii din Lumea Nouă vor avea tendința să-și limiteze cercetările la propriul lor continent. Această remarcă poate fi făcută, de altfel, și în legătură cu geologii europeni și asiatici care cunosc atît de puțin America.

AMERICA DE SUD. Direcțiile majore ale geologiei sud-americane au fost, de asemenea, conturate în secolul al XIX-lea.

Amintim de la bun început numeroasele descoperiri de oseminte fosile făcute din secolul al XVI-lea și pînă în secolul al XIX-lea, în diverse regiuni ale acestui continent, descoperiri care au suscitat interpretări destul de fanteziste, pînă cînd progresele paleontologiei au permis, la sfîrșitul secolului al XIX-lea, să se facă studii mai aprofundate[7].

Cîteva expediții științifice importante au jucat un rol remarcabil în explorarea geologică a Americii de Sud. Plecînd împreună cu Bonpland în 1799, Alexander von Humboldt întreprinde călătorii de studii în Cuba, Venezuela, Columbia, face o ascensiune pe Chimborazo (6072 m) unul dintre frumoșii vulcani din Ecuador, se înapoiază în 1804 și elaborează lucrarea *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Monde* (6 părți, 1805—1828). Dintre studiile lui Humboldt mai trebuie să citățm: schița unui tablou al geologiei în America de Sud *(Journal de Physique*, 1801), și *Essai géognostique sur le gisement des roches dans les deux hémisphères)* (1826), un preludiu la marea sinteză pe care o va publica începînd din 1847, *Kosmosul*.

Între anii 1826 și 1834, Alcide d'Orbigny călătorește din Bolivia în Patagonia, studiind era primară din Anzi și anumite fosile cretacice din Chile. În același timp, vasul „Begale" cu Ch. Darwin la bord, care făcea o călătorie de studii în jurul lumii, vizitează coasta chiliană și descoperă „fosilele vii din insulele Galapagos".

Între anii 1857 și 1859, frații E. și A. Grandidier călătoresc din Peru în Chile trec prin Argentina și Brazilia, traversează cordiliera Anzilor, pentru a aduna o importantă colecție de minereuri și roci. Ulterior, în 1882, geologul Hyatt participă la expediția din regiunea capului Horn, iar între anii 1885 și 1900, geologul german H. Steffen explorează Anzii sudici.

Pe lîngă aceste expediții de mari proporții, cercetările locale destul de numeroase au contribuit și ele cu elemente importante la cunoașterea acestui continent.

În afară de vulcani, existau numeroase probleme care suscitau interesul geologilor: fauna marină primară și secundară, stratele de cărbuni din permotriasic, apoi fauna de mamifere terțiare și cuaternare. Flora cu *Glossopteris*

[7] A se vedea, în acest sens, studiul lui J. Piveteau (...)

a fost descoperită în 1860. Treptat, zăcămintele de cărbuni din Brazilia și din Argentina au dat la iveală o floră stranie, în cadrul căreia G. Bodenbender, ulterior R. Zeiller (în 1895—1896) au arătat coexistența speciilor europene și a speciilor „gondwaniene". Era primul atac, cu totul involuntar, împotriva a însăși existenței continetului „Gondwana" pe care Suess o imaginase în 1888. Amintim, în sfîrșit, descoperirea mamiferelor fosile pe care paleontologii argentinieni F. și C. Ameghino le-au studiat în 1886.

Treptat, încep să vadă lumina tiparului lucrări cu caracter de sinteză, cum ar fi, de pildă, cele ale lui C.F. Hartt asupra geologiei și geografiei fizice a Braziliei (1870), ale dr. Crevaux și ale lui Ch. Vélain asupra Guyanei franceze (1866). Menționăm, de asemenea, studiile lui Th. Wolf în Ecuador, apoi în Brazilia, cele ale lui F. Katzer (în preajma lui 1840), cele ale lui H. Gorceix, fondator al Școlii de mine de la Ouro Preto (1876), și ale lui Eusebio Paulo de Olivera, întemeietorul Serviciului geologic național. Semnalăm, în sfîrșit, importanta operă de recunoaștere și de studiere a terenului întreprinsă la sfîrșitul secolului de inginerii și geologii care au lucrat la proiectul canalului Panama și la săparea lui.

Prima hartă geologică este, fără îndoială, cea a regiunii miniere Pasco (Peru), publicată de M. de Rivero în 1827.

Pot fi citate apoi harta geologică a sudului regiunii Antioquia (Columbia), elaborată de C. Dagenhardt (1839), harta geologică și mineralogică a statului Chile, alcătuită la Ignace Domeyko (1846), hărțile regiunii miniere Minas Geraes (Brazilia), realizate de Claussen și Pissis (între anii 1841 și 1848), harta Boliviei și a regiunilor învecinate a lui David Forbes (1861), harta Republicii Argentina de J. Valentin, publicată în *Dicționarul geografic argentinian* a lui F. Latzina (1897), urmînd astfel hărții Braziliei a lui O.A. Derby (1884).

Prima hartă de ansamblu a continentului sud-american pare a fi cea pe care A. d'Orbigny a publicat-o în 1842, după alte hărți cu caracter regional. A doua este cea a lui G. Steinmann, publicată în *Physikalischer Atlas* întocmit de Hermann Berghaus (1892).

F. DIFUZAREA CUNOȘTINȚELOR

ÎNVĂȚĂMÎNTUL GEOLOGIC. Pînă spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, științele Pămîntului nu au constituit decît foarte rar obiectul unui învățămînt organizat. Marele succes repurtat de prelegerile lui Werner la Academia de mine din Freiberg, ținute începînd din 1775, și extinderea aplicațiilor geologiei au dus la crearea, în diferite țări, a unor școli de mine, precum și la introducerea științelor Pămîntului în programele anumitor universități sau institute științifice.

Astfel, la începutul secolului al XIX-lea, geologia era predată în Franța, la Muzeul național de istorie naturală — care, luînd locul, începînd din 1793, fostului Jardin du Roi, se bucura de un foarte mare prestigiu, datorat pregătirii cadrelor sale didactice (Cuvier, Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, Faujas

de Saint-Fond etc.) —, la catedra de istorie naturală de la Collège de France — care, încredințată lui Daubenton, apoi lui Cuvier, va fi împărțită în două în 1837 prin crearea unui curs de „istorie naturală a corpurilor anorganice" ținut de Élie de Beaumont — și, în sfîrșit, la Școala de mine care, înființată în 1778 cu scopul de a asigura formarea inginerilor de mine, va cunoaște mai multe reforme înainte de a ajunge, în 1816, la o structură stabilă. Ulterior predarea științelor Pămîntului va fi extinsă la facultățile de științe, dezvoltarea concepțiilor sale urmînd în mod firesc evoluția științei.

Este drept că spre sfîrșitul secolului, W. Kilian, profesor la Universitatea din Grenoble, scria că „se asista la fastidioase enumerări de etaje și de nume de fosile, a căror nomenclatură oferită curiozității auditoriului părea să fie scopul suprem. Aparenta lor inutilitate descuraja vocațiile și epuiza bunăvoința".

Cu toate acestea, treptat, se crea o teorie vie pe care anumiți șefi de școală au știut s-o prezinte într-un mod pasionant auditorilor lor. Prelegerile nu mai semănau cu o tristă plimbare printr-o necropolă, ci cu o reînviere a străvechilor lumi vii, realizată de slujitorii tuturor disciplinelor geologiei.

La începutul secolului al XIX-lea, științele Pămîntului nu erau predate în Marea Britanie decît la universitățile din Oxford și din Cambridge unde, de-a lungul anilor, se vor afirma personalități marcante ca Buckland și Sedgwick — și la cea din Edinburgh —, mai întîi catedrele de istorie naturală și de filozofie naturală, reprezentate la începutul secolului de Robert Jameson și John Playfair, apoi la o catedră specială creată în 1870 de Sir A. Geikie. Între timp, Davy introduce științele Pămîntului în cadrul primelor sale prelegeri ținute la Royal Institution fundat în 1799, în timp ce King's College din Londra, nou creat, îi încredința lui Ch. Lyell organizarea unui învățămînt geologic. De-a lungul secolului, acest învățămînt s-a extins în numeroase alte universități și în diverse instituții științifice sau tehnice și, în primul rînd, la School of Mines, fondată în 1851.

În timp ce o evoluție analogă se manifestă în majoritatea țărilor din Europa, America cunoaște, de asemenea, o perioadă de dezvoltare a învățămîntului științelor Pămîntului. Real Seminario del Mineria din Mexico (1792—1811) a fost prima școală din noul Continent specializată în arta mineritului. În Statele Unite, învățămîntul geologic a fost întemeiat în 1804, la Yale University, de Benjamin Silliman care s-a afirmat ca un geolog excelent, el fiind fondatorul lui „American Journal of Science" (1818). James Dwight Dana (1813—1895), la început asistent al lui Silliman, devenit ulterior profesor de istorie naturală, apoi profesor de geologie și de mineralogie (1864). Cursurile sale au avut o influență considerabilă și durabilă. Catedre similare au fost create treptat și în alte universități, ceea ce a permis curînd Statelor Unite să ocupe un loc de frunte în domeniul cercetării geologice.

SOCIETĂȚILE NAȚIONALE. Progresul cunoștințelor a putut deveni mai rapid prin constituirea societăților geologice care au organizat numeroase reuniuni, discuții pe teren și au publicat documente importante. Cea mai veche dintre toate este Geological Society of London, creată în 1807. A doua a fost Ameri-

can Geological Society, fundată la Yale în 1819 sub președinția lui Maclure. Dizolvată în 1829, această societate — creată din nou în 1888 sub președinția lui James Hall — a căpătat în 1889 denumirea de Geological Society of America și a publicat un Buletin începînd din 1890. A treia ca vechime este Société géologique de France, fundată în 1830 și ale cărei importante publicații permit să se urmărească progresele geologiei franceze. Menționăm, de asemenea, crearea lui Deutsche Geologische Gesellschaft (Berlin, 1848) și Societa geologica italiana (Bologna, 1881).

MANUALE ȘI TRATATE. Prelegerile și discuțiile publice au fost completate în mod firesc de carte.

Secolul al XIX-lea a cunoscut apariția primelor mari tratate de geologie. În Franța, *Traité de géognosie* a lui Aubuisson de Voisins (1819) a rămas multă vreme clasic, împreună cu manualele întocmite de J. de la Métherie și Brochant de Villiers. El a fost înlocuit de *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie...* (1849—1852) al lui Alcide d'Orbigny, apoi cu lucrările didactice ale lui Albert Gaudry care, din 1871 și pînă în 1903, i-a urmat lui d'Orbigny la catedra de paleontologie de la Museum. Manualele de paleontologie cochilieră ale lui P. Fischer (1887) și de paleontologie al lui F. Bernard (1895) conțin excelente capitole de ecologie. Menționăm, de asemenea, deosebit de importantele tratate ale lui Albert de Lapparent, profesor la Institutul catolic din Paris: *Géologie* (1883), *Minéralogie* (1884) și *Géographie physique* (1896), precum și *Eléments de paléobotanique* de R. Zeiller (1900).

Cu toată însemnătatea lor, nu putem decît menționa *Geological Manual* de H. de La Beche (Londra, 1831), *Principles of Geology* (3 vol., Londra, 1831—1833) de Lyell, precum și diversele tratate publicate de J. Prestwich și Archibald Geikie în Marea Britanie, de Hermann Credner în Germania și de Melchior Neumayr în Austria, toate lucrări de înaltă ținută, de mai multe ori reeditate și care demonstrează importantele progrese realizate de geologie în numeroase țări[8].

CONGRESE INTERNAȚIONALE. Primul congres internațional de geologie s-a ținut la Paris, în 1878. De atunci încoace, aceste reuniuni au loc, în principiu, la fiecare patru ani. În afara ședințelor de lucru și de comunicări, au loc cu acest prilej mari excursii în țara gazdă.

[8] Primele manuale și tratate din domeniul științelor Pămîntului, de geologie, mineralogie, care au apărut în limba română, datează de la mijlocul secolului al XIX-lea. Gr. Cobălcescu este autorul primului manual de geologie scris în limba română în 1859, inspirat după tratatul lui Beudant.

Lui Gr. Ștefănescu i se datorește primul manual de liceu de geologie care a apărut în anul 1890. Se poate aprecia că lecția sa de deschidere din 1870 a reprezentat un adevărat început pentru numeroasele și valoroasele tratate și manuale care s-au succedat în timp. Manualul său *Curs elementar de geologie* din 1890 mai prezintă utilitate și în zilele noastre dovedind competența autorului. Manualul este însoțit de prima hartă geologică, didactică tipărită la scara 1 : 2 000 000. — *M.P.*

În felul acesta, la sfîrșitul secolului al XIX-lea, învățămîntul și principalele procedee de difuzare a cunoștințelor au căpătat drept de cetățenie în domeniul științelor Pămîntului.

ÎNFĂȚIȘAREA PĂMÎNTULUI. Evenimentul cel mai remarcabil de la sfîrșitul secolului a fost publicarea operei monumentale a geologului austriac Eduard Suess (1831—1914), profesor la Universitatea din Viena: *Das Antlitz der Erde* (Înfățișarea Pămîntului) ale cărei 4 volume au apărut din 1883 și pînă în 1908. Sînt cuprinse în ele toate cunoștiințele geologice din secolul al XIX-lea: dislocațiile scoarței terestre, liniile directoare ale sistemului alpin, zona mediteraneană (marea Thetis), Sahara, Gondwana, America, Istoria oceanelor, Altaidele, Tauridele și Dinaridele, raporturile și structura Alpilor și a Himalayei, marile fracturi africane, cordiliera Anzilor, opinii asupra paleobiogeografiei etc.

Această vastă sinteză care punea bazele structurii lumii a fost tradusă în limba franceză (7 părți, 1897—1918) de E. de Margerie și colaboratorii săi, care au îmbogățit textul original cu note infrapaginale valoroase și cu un plus de ilustrație. Primirea triumfală de care s-a bucurat *Înfățișarea Pămîntului* este evocată de Marcel Bertrand în prefața ediției franceze.

„Trebuie să știi să aștepți; crearea unei științe, cum este cea a lumii, necesită mai mult decît o zi; dar atunci cînd urmașii noștri vor scrie istoria noastră, ei vor spune, sînt convins, că opera lui M. Suess marchează în această istorie sfîrșitul primei zile, a acelei zile cînd s-a făcut lumină".

PARTEA A CINCEA
ȘTIINȚELE VIEȚII

Termenul de *biologie*, care înseamnă studierea proceselor generale ale vieţii, apare în pragul secolului al XIX-lea (1802), fiind creat în mod simultan şi independent de Lamarck (în Franţa) şi de Treviranus (în Germania).

Deşi au existat şi anterior încercări de a se aborda probleme din această sferă, abia atunci a început analiza precisă şi metodică a substanţei vii şi a legilor generale ale funcţionării ei — analiză care va evidenţia unitatea fundamentală a celor două aspecte ale lumii vii. Reprezentarea naturii ca fiind eternă, stabilită o dată pentru totdeauna, concepţie de care nu s-au putut elibera marii materialişti ai secolului luminilor, cedează, în sfîrşit, de-a lungul secolului al XIX-lea, în urma asalturilor repetate la care a fost supusă. Raţiunea descoperă peste tot transformări în timp, conexiuni în spaţiu. În urma unor dispute îndelungate, purtate în jurul problemei originii omului şi a teoriei evoluţiei, tema majoră a biologiei din secolul al XIX-lea, studiul ştiinţelor vieţii se va putea constitui în mod temeinic, excluzînd orice consideraţii dinafara limitelor ştiinţei, de natură metafizică sau teologică.

În cursul dezvoltării sale rapide, biologia — deşi va continua să se ocupe cu descrierea şi clasificarea lumii vii — va acorda o atenţie sporită problemelor dezvoltării fiinţelor şi evoluţiei lor; ea se va diversifica astfel în numeroase discipline particulare, mai mult sau mai puţin delimitate, pe măsura dezvoltării cunoştinţelor şi progresului tehnicii de cercetare. Aceste diverse specializări, determinate de revelarea treptată a complexităţii obiectului de studiu, reprezintă, de fapt, metode de analiză diferite îndreptate spre acelaşi obiectiv de ansamblu — cercetarea naturii.

Progresul considerabil al ştiinţelor vieţii în cursul secolului al XIX-lea se caracterizează prin introducerea unor metode de observaţie şi de experimentare din ce în ce mai exacte, prin utilizarea unor tehnici inedite, cu posibilităţi nebănuite pînă atunci, prin formularea unor teorii îndrăzneţe a căror soartă a fost diferită, prin înmulţirea vertiginoasă a cercetărilor de amănunt. În scopul elucidării liniilor directoare şi aspectelor majore ale acestei etape capitale din istoria ştiinţelor naturii, am adoptat un plan sistematic. Pentru a atenua caracterul artificial al unor asemenea împărţiri, autorii capitolelor succesive s-au străduit să restabilească în expunerile lor anumite conexiuni, mascate, din păcate, prin inevitabila rigiditate a planului. Ca urmare a aces-

tui fapt, diferite probleme vor fi abordate în cadrul mai multor capitole, ele vor fi însă privite sub unghiuri diferite, ceea ce va permite înfățișarea lor printr-o imagine mai completă și, în același timp, va îngădui să se atragă atenția asupra unor anumite dificultăți de interpretare.

Astfel, ansamblul științelor vieții este repartizat în trei mari părți (sau cărți). Tratînd probleme referitoare la structura și funcționarea organismelor vii, prima carte studiază la început nașterea teoriei celulare și a două discipline asociate, citologia și histologia. Două capitole importante (zoologia și botanica) sînt consacrate apoi nenumăratelor lucrări referitoare la studiul morfologic, la inventarierea, clasificarea și răspîndirea geografică a animalelor și plantelor. Prezentarea începuturilor microbiologiei și a operei lui Pasteur este urmată de un studiu asupra progreselor înregistrate în două ramuri paralele ale cercetării experimentale a organismelor, fiziologia vegetală și fiziologia animală.

Cartea a II-a, *Geneza formelor*, relatează în primul rînd nașterea și dezvoltarea a două discipline strîns legate: anatomia comparată și paleontologia vertebratelor. Urmează apoi două capitole referitoare la problemele generației animale (reproducere și embriogenie) și ale reproducerii plantelor, probleme al căror studiu a fost complet reînnoit în ultimul secol. Figură dominantă a biologiei din a doua jumătate a secolului al XIX-lea, Charles Darwin este evocat, prin opera sa și prin influența pe care a exercitat-o, în capitolul consacrat teoriilor explicative ale evoluției. După o schițare a primelor lucrări de genetică, a căror importanță nu va fi recunoscută decît în zorii secolului nostru, ultimul capitol al acestei cărți se ocupă de studiul preistoriei umane, disciplină a cărei adevărată naștere a avut loc în secolul al XIX-lea și care a provocat atîtea polemici aprinse. Prin anumite aspecte ale sale, acest capitol leagă studiul științelor vieții de cel al geologiei și al științelor Pămîntului.

A treia și ultima carte este consacrată științelor medicale, care au cunoscut o dezvoltare considerabilă în secolul al XIX-lea. Acest progres, legat într-un mod din ce în ce mai categoric de cuceririle biologiei, anunță și pregătește minunatele succese ale medicinii din secolul al XX-lea.

Cartea întîi
STRUCTURI ŞI FUNCŢII

CAPITOLUL I
Teoria celulară, citologia, histologia

Anatomia comparată, așa cum o înfățișau Cuvier și emulii săi, analizează structura ființei vii la scara organelor, fără a se referi la elementele care compun aceste organe și nici la structura lor fundamentală[1]. Aceasta din urmă va deveni, în cursul secolului al XIX-lea, obiectul unei ramuri particulare a biologiei, histologia, al cărei constituent de bază, celula, va fi curînd pus în evidență și se va contura dînd naștere, la rîndu-i, unei discipline speciale, citologia.

BICHAT, PRECURSORUL HISTOLOGIEI. Un precursor eminent al acestor științe noi, care se afirmă la începutul secolului, este Xavier Bichat (1771—1802). Numit, în 1795, la catedra de anatomie de la Facultatea de medicină din Paris, el desfășoară o activitate prodigioasă de profesor și de cercetător. În 1800 publică o serie de lucrări remarcabile: *Cercetări fiziologice asupra vieții și morții*, *Tratat despre membrane*, *Anatomie generală aplicată la fiziologie și la medicină*, care sînt suficiente pentru a-i fixa amintirea. Este neîndoielnic faptul că, dacă ar mai fi trăit, Bichat ar fi jucat un rol important în dezvoltarea ulterioară a biologiei.

Bichat depășește conceptul de organ, punînd în evidență elementele componente ale acestuia. În acest scop, el a experimentat pe animalul viu, utilizînd tehnici speciale (disecție, putrefacție, macerare, coacere etc.). Prin el se realizează începuturile *histologiei*.

„Toate animalele, scrie el, sînt constituite dintr-un ansamblu de diverse organe, fiecare dintre acestea îndeplinind o anumită funcție și participînd, în felul său, la conservarea întregului. Sînt tot atîtea mașini specializate în cadrul mașinăriei generale care alcătuiește individul. Or, aceste mașini specializate sînt formate, la rîndul lor, din mai multe țesuturi de natură foarte diferită care constituie cu adevărat organele... Chimia își are corpurile sale simple, anatomia are țesuturile ei simple care, prin combinarea lor, formează organele."

Bichat distinge 21 de țesuturi, unele proprii anumitor organe, cum sînt mușchii și țesutul nervos, altele comune tuturor organelor, de exemplu țesu-

[1] A se vedea în legătură cu această chestiune și studiul lui J. PIVETEAU (pp. 495—521).

tul celular (pe care-l numim astăzi țesut conjunctiv). Bichat nu a putut ajunge pînă la celulă — elementul fundamental al tuturor acestor țesuturi —, dar, prin concepțiile și lucrările sale, el este considerat întemeietorul anatomiei generale a animalelor.

APARIȚIA ȘI DEZVOLTAREA TEORIEI CELULARE. La plante, celula a fost observată încă din secolul al XVII-lea, datorită peretelui celulozic care o delimitează, de către diverși mari observatori, ca R. Hooke, Leeuwenhoek, Malpighi, Grew (Hooke a fost primul care a folosit termenul de celulă în lucrarea sa, *Micrographia*, din 1665). Leeuwenhoek a zărit-o și el în globulele roșii din sîngele peștilor (a descris chiar nucleul) și în spermatozoizi.

În cursul secolului al XVIII-lea au luat naștere în Germania curente ostile materialismului francez. „Filozofia naturii" care se dezvoltă în această țară, ca urmare a lucrărilor lui Leibniz și Kant, va avea cea mai mare influență asupra orientării botanicii. În jurul anului 1800, Schelling se bucură de un prestigiu imens; el își expune faimoasele sale teze idealiste cu privire la *spiritul universal*, ca principiu al unității ființelor organizate, care nu ar fi decît niște explicitări materiale succesive ale acestui principiu, situate la niveluri din ce în ce mai ridicate și neavînd între ele vreo legătură reală. Sub influența acestei gîndiri idealiste se dezvoltă știința în Germania, îndeosebi embriologia și teoria celulară.

Anumite anticipări ale *teoriei celulare* au fost schițate, începînd din 1805, în opera naturalistului german Lorenz Oken, dar cadrul fundamental al teoriei este conturat numai între anii 1824 și 1830 prin lucrările botaniștilor francezi Dutrochet, Turpin, Brisseau de Mirbel. Individualitatea celulei este astfel recunoscută și, de asemenea, valoarea ei ca element de bază în structura plantelor.

În 1812, germanul Moldenhawer izolase celule vegetale folosind un procedeu de macerare. Dutrochet izolează și el, în 1824, fierbînd fragmente de plante în acid nitric, utriculele sau celulele lui Malpighi și Mirbel, al căror echivalent încearcă să-l găsească la animale.

Turpin publică, în 1826, o lucrare al cărei titlu este semnificativ: *Observații asupra originii și formării primare a țesutului celular, asupra fiecăreia dintre veziculele acestui țesut, considerate ca tot atîtea individualități distincte avînd un centru vital special de vegetație și de propagare și destinate să formeze, prin aglomerare, individualitatea complexă a tuturor plantelor al căror organism comportă mai mult decît o veziculă.*

În 1831, Mirbel observă fierea-pămîntului sau gălbeaza din grupul hepaticelor, formarea celulelor în cursul germinației sporilor și ajunge la concluzia că celulele se nasc unele din altele. Germanul Treviranus făcuse, în 1808, observații de același fel, iar E. Meyer prezintă, în tratatul său de botanică (1830), o definiție referitoare la constituția plantelor, analogă celei a lui Turpin. În sfîrșit, în 1831, în Anglia, botanistul R. Brown constată în celulele din epiderma diverselor asclepiadacee și orhidacee prezența permanentă a unui corpuscul pe care îl denumește nucleu; el mai remarcă existența generală, în celule, a acestuia.

Lui Félix Dujardin i se cuvine un loc aparte; studiind protozoarele, el corectează erorile lui Ehrenberg, arătînd că aceste organisme au o structură anatomică complexă și un întreg sistem de organe. Microscopul înregistrase atunci progrese remarcabile, grație unor opticieni, ca Chevalier, Oberhaüser și Amici, care realizează lentile acromatice (utilizate pentru lunete astronomice încă din 1758).

„Claritatea obținută la o mărire de 300 pînă la 400 de diametre, scrie în 1841 Dujardin (în prefața la *Istoria naturală a infuzorilor*), ne-a permis să căutăm cu proprii noștri ochi adevărata formă și structură a corpurilor, în loc să le ghicim într-un contur difuz și nebulos".

Dujardin recunoaște că anumite foraminifere *(Gromia, Miliola)* nu posedă organe distincte, ci sînt constituite doar dintr-o substanță granuloasă care se întinde de-a lungul unor filamente lungi, subțiri și ramificate, sau formînd niște lobi cu contur rotunjit și deformabili. Acestei substanțe, Dujardin îi dă numele de *sarcod* (1835). Ar trebui să regretăm că acest termen expresiv a fost detronat de termenul *protoplasmă*, folosit în 1839 de Purkinje și consacrat de botanistul H. von Mohl pentru celulele vegetale. Protoplasma și sarcodul au fost considerate ca fiind identice spre anii 1850; de atunci acești termeni și-au păstrat în general acest sens, totuși, începînd abia cu Remak (1850) și cu Max Schultze, noțiunea de protoplasmă este utilizată în sensul său modern.

Structura protoplasmei a constituit încă de atunci obiectul multor lucrări, printre care trebuie să reținem îndeosebi pe cele ale lui Naegeli, Bütschli și W. Flemming. În epoca observațiilor lui Dujardin, cercetătorii Johannes Müller, Purkinje, Valentin recunoșteau la animale — în diverse țesuturi: cartilaje, epitelii, glande etc. — celule asemănătoare cu cele ale plantelor.

Cu toate că fusese elaborată mai cu seamă în Franța, teoria celulară a fost considerată în general drept opera a doi naturaliști germani: Mathias Jacob Schleiden (1804—1881), profesor de botanică la Universitatea din Jena, și zoologul Theodor Schwann (1810—1882), care lucra pe atunci la Berlin. Ei sînt cei care au formulat, în 1838 și 1839, generalizarea noțiunii de celulă ca element fundamental al organismelor. Posteritatea a reținut, în mod oarecum schematic poate, amintirea acestor doi mari oameni care datorează atît de mult predecesorilor lor, dar care — pentru meritul de a fi avut mai multă eficacitate și de a fi fost mai entuziaști decît ei — reprezintă actualmente un simbol.

În realitate, Schleiden și Schwann, lucrînd de altfel în mod separat, nu au știut să recunoască adevărata origine a celulelor. Ei au crezut că acestea rezultau din concentrarea unei substanțe particulare, *citoblastemul*, și că în jurul granulei inițiale, nucleolul, se formează nucleul, apoi se depune o substanță (protoplasma) care diferențiază o membrană limitantă.

De fapt, toate celulele provin din diviziunea unei celule anterioare, ceea ce au și stabilit diverși autori germani, cum sînt botanistul von Mohl, Naegeli, Hofmeister, fiziologii Remak, A. Kölliker etc. Patologul Rudolf Virchow a extins acest mod de formare la celulele tumorale și la puroi, formulînd în

1858, în celebra sa lucrare *Die Cellularpathologie*, ca o constatare fundamentală și fără restricții, axioma *Omnis cellula e cellula.*

Spre mijlocul secolului al XIX-lea, teoria celulară a fost deci definitiv consacrată și generalizată pentru cele două regnuri, animal și vegetal. În scurt timp, ea a jucat un rol în filozofie și în științele umaniste. Una dintre principalele consecințe a fost că a dus la recunoașterea naturii intermediare a ființelor unicelulare sau protozoare, care nu sînt nici vegetale și nici animale[2] (ideea aparține lui Bory de Saint-Vincent, iar lucrările, lui Haeckel): cuceriri prețioase pe care trebuia să și le însușească teoria evoluționistă.

În plus, se afla în curs de elaborare o știință specială, citologia; ea urma să capete o dezvoltare rapidă, împreună cu o întreagă serie de lucrări ieșite din comun, mai cu seamă cele ale lui Naegeli, von Mohl și Hofmeister. Între anii 1830 și 1838, botanistul german F.J.F. Meyen demonstrase că celula include un anumit număr de corpuri diferite. În a doua jumătate a secolului, au fost aduse contribuții de o extremă însemnătate la cunoașterea structurii protoplasmei, nucleului și învelișului celular. În această epocă a fost elucidată problema înmulțirii celulare.

DIVIZIUNEA CELULARĂ. Aproape în toate cazurile, fiecare celulă se divide în două celule-fiice. Se deosebesc două modalități ale acestei diviziuni. În cazul uneia dintre ele, zisă *directă*, corpul celulei și, în același timp, nucleul său se întind, apoi se subțiază la mijloc și se separă în două fragmente; dar acesta nu este decît un proces foarte rar.

Cealaltă modalitate, care constituie cazul general, este diviziunea numită *indirectă*, proces mult mai complicat, care a primit mai multe denumiri: *chineză*, *citodiereză* sau *mitoză* ori *cariochineză*. Ultimii doi termeni desemnează în special diviziunea nucleului, care se caracterizează printr-o uniformitate fundamentală în cele două regnuri, și a fost elucidată între anii 1870 și 1890, grație punerii la punct a unor tehnici precise care permit examinarea celulelor la microscop. Această tehnică poate fi folosită imediat în cazul țesuturilor sau organelor care formează lamele foarte subțiri și nu comportă decît unul sau două strate de celule. În cazul țesuturilor sau organelor masive însă, trebuie să se recurgă la secționare. Secțiunile foarte subțiri (de ordinul cîtorva miimi de milimetru) se obțin cu ajutorul aparatelor speciale, numite microtoame; după ce au fost lipite pe plăci de sticlă, apoi colorate cu substanțe corespunzătoare care nu le atacă structura, ele sînt gata pentru a fi observate la microscop.

Un număr uriaș de lucrări au fost efectuate în acest domeniu. Ne vom limita la evocarea marilor protagoniști: Eduard Strasburger (1844—1912) și, după el, Leon Guignard (1852—1928) pentru plante; Walter Flemming (1843—1915), Ed. van Beneden (1846—1910), Otto Bütschli (1848—1920), Oscar (1849—1922) și Richard Hertwig (1850—1937), Theodor Boveri (1862—1915), pentru animale.

[2] A se vedea în această privință studiul d-rei A. Tétry (pp. 425—426).

CARIOCHINEZA SAU MITOZA. Amintim în mod schematic cum se realizează diviziunea nucleului celular sau cariochineza. Nucleul își schimbă aspectul, iar tehnicile de fixare și colorare arată că în interiorul lui devin vizibile niște corpuri (un fel de bastonașe, numite cromozomi), ce se găsesc în număr fix (la fiecare specie) și se colorează în mod electiv prin acțiunea anumitor substanțe (coloranți bazici). O dată apăruți, cromozomii se împart în două, în lungimea lor; membrana nucleară dispare, și ei se adună atunci la ecuatorul unui corp constituit din fibre, numit *fus*. În cursul fazelor următoare, jumătățile tuturor cromozomilor se separă și se îndreaptă în mod sincronizat spre cei doi poli ai fusului, alunecînd de-a lungul fibrelor acestuia. Astfel se formează două noi nuclee strict echivalente atît între ele, cît și cu nucleul originar. În același timp, de-a lungul ecuatorului celulei originale apare un perete care separă cele două celule-fiice.

Numărul de cromozomi este riguros constant în țesuturile unei specii date; el se desemnează prin numărul $2n$. Constanța acestui număr are o semnificație esențială, cromozomii revelîndu-se a fi substratul proprietăților constituționale și ereditare ale fiecărei specii. Cunoașterea modalităților de producere a diviziunii celulare a însemnat o cucerire de însemnătate primordială pentru biologie.

Cei doi principali realizatori ai acestei cuceriri științifice au fost Eduard Strasburger pentru plante (din 1875 și pînă în 1884) și Walter Flemming pentru animale (din 1879, pînă în 1882).

CITOLOGIA VEGETALĂ. În afara acestor lucrări fundamentale asupra nucleului și asupra diviziunii celulare, trebuie să citățm în domeniul citologiei vegetale și frumoasele cercetări ale lui A.F.W. Schimper și A. Meyer (1881—1886) referitoare la organitele din citoplasmă, cu însemnătate deosebită în fotosinteză, plastele; cele ale lui Sachs asupra vacuolelor, ale lui Unger, Hanstein privitoare la celulele din polul vegetativ, ale lui A. Payen și L. Mangin referitoare la membranele celulare și mai cu seamă cele ale lui Pfeffer și H. de Vries, care vor fi amintite în cele ce urmează.

DEZVOLTAREA HISTOLOGIEI. Paralel cu progresul realizat în cunoașterea celulei și a diviziunii sale, se dezvoltă și cunoașterea diverselor țesuturi, al căror element fundamental este celula, și a sîngelui cu globulele sale roșii și albe, care sînt de asemenea niște celule. În felul acesta a luat naștere histologia, al cărei domeniu s-a extins în același timp și asupra patologiei. De conturarea acestei științe noi rămîn legate numele unei serii de autori, cum sînt Jacob Henle (1809—1885), Karl Reichert (1811—1883), Robert Remak (1815—1865), Albert von Kölliker (1817—1905), Franz Leydig (1821—1908), Rudolf Virchow (1821—1902), Wilhelm Waldeyer (1836—1921), care au lucrat în Germania, unde progresul și fecunditatea cercetărilor au fost favorizate prin extinderea și înzestrarea laboratoarelor. Citățm, de asemenea, numele lui F. Vejdovský (1849—1939) din Cehoslovacia.

În Franța, laboratorul lui Louis Ranvier (1835—1922), de la Collège de France, a fost leagănul unei întregi școli de histologie. Ranvier deține, în

dezvoltarea histologiei, un loc eminent prin originalitatea și eleganța metodelor pe care le-a imaginat, ridicîndu-se astfel deasupra tehnicilor banale. Format la școala lui Claude Bernard, histologia sa este mai cu seamă fiziologică și experimentală, și nu doar descriptivă, lui datorîndu-i-se în mod deosebit progresele decisive înregistrate în cunoașterea structurii și funcționării elementelor sistemului nervos.

Histologia sistemului nervos a fost studiată cu ajutorul unor tehnici speciale (impregnări cu săruri de argint și de aur etc.). În acest domeniu, trebuie să citățm nume, cum sînt Camillo Golgi (1844—1926), profesor la Pavia, Stefan Apáthy (1863—1922) din Cluj, Gustav Retzius (1842—1919) din Stockholm și, mai cu seamă, S. Ramôn y Cajal (1852—1934), profesor la Madrid. Cunoașterea conexiunilor dintre celulele nervoase (numite neuroni de Waldeyer), și terminațiile lor în diverse țesuturi au adîncit cunoașterea centrilor nervoși și în special cea a creierului și a modului său de funcționare.

Histologia a devenit astfel un cîmp de cercetări fundamentale care au renovat studiul țesuturilor și organelor.

CAPITOLUL II
Zoologia

Obiectul fundamental al zoologiei este de a întocmi inventarul formelor animale, de a le încadra într-o clasificare metodică și de a analiza structura și dezvoltarea lor, relațiile reciproce și raporturile lor cu mediul ambiant. Această analiză conduce la cunoașterea aspectelor fundamentale ale fenomenelor vieții, domeniu al biologiei generale.

În secolul al XVIII-lea, zoologia căpătase un cadru bine definit datorită operei lui Linné care a precizat noțiunea de specie și a stabilit o nomenclatură metodică, constituind astfel o bază solidă pentru clasificare. Pe acest substrat, ea a căpătat o mare întindere și a cunoscut un progres rapid.

Această expansiune, precum și orientarea ei au fost inițiate la începutul secolului al XIX-lea prin opera lui Lamarck, Cuvier și Ét. Geoffroy Saint-Hilaire, care au pus bazele anatomiei comparate și i-au conferit clasificării valoarea unei sinteze a istoriei vieții, sugerînd o dependență reciprocă între diversele grupe ale regnului animal.

Dacă la începutul secolului al XIX-lea, inventarul formelor animale devenise deja o operă de mare anvergură, extinderea sa uriașă a fost dominată de noțiunea de înrudire reală în interiorul fiecărui grup și chiar între grupe, ceea ce este rezumat și exprimat prin termenul de *evoluție*, simbolul major al zoologiei din secolul al XIX-lea.

A. METODELE ȘI ORGANIZAREA CERCETĂRII

În secolul al XIX-lea, științele privind lumea vie cunosc o dezvoltare deosebit de importantă, grație, în mare măsură, perfecționării diverselor tehnici — expresie a progresului științelor fizico-chimice. Perfecționarea microscopului în special și calitatea superioară a preparărilor au permis efectuarea unor observații mai fine și mai detaliate.

MICROSCOPIA ȘI TEHNICILE ASOCIATE. Ca urmare a ameliorării obiectivelor acromatice, reducerii aberațiilor de sfericitate, introducerii tehnicilor de imersie, invenției microscopului binocular etc.[1], microscopul urma să devină,

[1] A se vedea și studiul lui F. Abelès (p.180).

în sfîrșit, un instrument de lucru. În 1878, E. Abbe realizează un aparat foarte mult îmbunătățit, care constituie un instrument de lucru satisfăcător.

Utilizarea microscopului necesită prepararea unor secțiuni; procedeul „de mînă" nefiind convenabil în cazul țesuturilor animale, zoologii lucrează în special cu ajutorul disecțiilor. Valentin și Purkinje reușesc să taie secțiuni de țesuturi cu ajutorul unui dispozitiv, prevăzut cu două cuțite paralele. Primul microtom, construit prin anul 1866 de W. His, realizează alunecarea mecanică a obiectului de tăiat. Spre 1874, L. Ranvier izbutește să facă acest aparat mai practic, în timp ce botanistul Rivet concepe un dispozitiv în care lama este deplasată în mod mecanic. Cu ajutorul unui tehnician, A. Brandt a realizat un alt tip, microtomul Leyser-Brandt, care funcționează prin deplasarea atît a obiectului de secționat, cît și a lamei. Diverse alte modele au fost create în anii următori: microtomul lui Pfeifer sau al lui Threlfall și, în sfîrșit, microtomul lui Minot, care este tipul actual (1886).

Includerea în parafină a obiectelor de secționat, preconizată de Klebs (1869), intră în practica curentă spre anii 1880. A. Meyer este primul care lipește secțiunile pe lame cu albuș de ou. Latteux folosește celoidină, în care Duval (1879) reușește să includă țesuturile moi. Spre sfîrșitul secolului, balsamul de Canada este utilizat pentru fixarea preparatelor. Tehnica secționărilor congelate, foarte apreciată astăzi, datează de la Raspail și Stilling (1842).

Fixatorii utilizați variază cu obiectul examinării: celulă sau țesut; citologii și histologii se străduiesc să găsească formule care să asigure rezultate din ce în ce mai satisfăcătoare.

Acidul cromic este utilizat de Hannover (1840) și A. Corti (1850), iar ultimul constată că acidul acetic este un fixator al nucleului. Amestecul de acid cromic și acid acetic este introdus de Remak (1854). Bicromatul de potasiu este preconizat de H. Müller (1859), la fel ca și clorura mercurică în lichidul lui Goadby; acesta din urmă este folosit și de Corti (1851) și Remak (1854). Apar fixatorii compuși, Zenker și Altmann (1894), Flemming. F. Blum constată proprietățile formolului (1893).

Altmann (1894) pune la punct o tehnică de deshidratare la temperatură joasă, care va fi larg utilizată în secolul al XX-lea („freeze-drying").

Colorările de bază, cunoscute din secolul al XVIII-lea, sînt folosite în continuare. Astfel, Ehrenberg (1838) utilizează indigoul pentru a colora vacuolele digestive ale infuzorilor, iar Corti (1851) recurge la carmin pentru colorarea epiteliului cochlear (urechea internă).

În 1858, Von Gerlach perfecționează tehnici de colorare, controlate și standardizate. Descoperirea, efectuată de W. Perkin (1854), a derivaților anilinei, permite obținerea unei game variate de coloranți. Un prim colorant de anilină în acid acetic este utilizat de Beneke (1862), în timp ce Böhmer (1865) folosește hematoxilina cristalizată, iar Böttcher (1869) introduce coloratia diferențiată care este pusă la punct de diverși histologi. Ehrlich utilizează safranina și aplică hematoxilina acidă ca stabilizator al colorantului. El distinge coloranții bazici, cu afinități față de nucleu, coloranții acizi, cu afini-

tăți citoplasmatice, și coloranții neutri, utilizați pentru sînge. În 1899, Flemming propune tripla colorare[2] și Mayer îi adaugă hemalunul. *Microtomist's Vade-Mecum* al lui Booles Lee (1885) sintetizează diversele progrese înregistrate în acest domeniu.

CITOCHIMIA. Această știință are ca obiect determinarea naturii chimice a constituenților celulari. Cu toate că folosirea iodului ca reactiv al amidonului datează de la Colin și Claubry (1814), F.V. Raspail a fost adevăratul fondator al citochimiei. Într-adevăr, el a introdus testele în tehnica microscopică, identificînd proteinele (1829) printr-un procedeu corespunzător celor trei reacții utilizate în prezent. F. Schulze din Rostock (1850) a pus la punct un test pentru celuloză. Max Schultze (1856) a folosit tetraoxidul de osmiu pentru a colora grăsimile din țesuturile animale, în timp ce L. Ranvier utiliza în același scop albastru de chinoleină, iar L. Daddi (1896), Sudan III. P. Ehrlich (1886) a întrebuințat un alt colorant, albastrul de metil, pentru țesutul nervos.

TEHNICI DIVERSE. Numeroase tehnici se nasc în secolul al XIX-lea. Raspail introduce microincinerația, metodă de analiză care nu va cunoaște o adevărată dezvoltare decît în secolul al XX-lea.

Tehnicile embriologice sînt puse la punct începînd din 1880. Cu ajutorul unor scalpele fine și al unor ace delicate, R. Zoja (1895) separă blastomerele formate din ouăle de meduză; Y. Delage (1899) disecă ouăle nesegmentate de arici-de-mare. Chabry creează un micromanipulator în preajma anului 1887. Driesch (1893) utilizează, pentru separarea blastomerelor, o metodă de scuturare. Începînd din 1884, W. Roux recurge la centrifugare, pentru studierea ouălor de broască. În 1865, Onimus și Martin fixează imaginea bătăilor inimii pe niște plăci de colodiu. E. Muybridge fotografiază calul în mers și în galop (1870—1882). Ulterior, J. Marey (1882) utilizează fotografierea pentru a analiza mișcarea oamenilor și a animalelor. El imaginează niște cronofotografe cu placă fixă și cu placă mobilă, pușca cronofotografică pentru studiul zborului păsărilor, aparatură care pregătește nașterea cinematografiei, începută în 1893 cu chinetoscopul lui Edison, primul aparat pentru filme cu desene animate.

CADRUL DE MANIFESTARE A EFORTULUI COLECTIV. Ca și în alte domenii ale științei, extinderea cunoștințelor de zoologie a suscitat eforturi colective și, în primul rînd, a dus la crearea unor societăți specializate. Așa au fost societățile purtînd numele lui Linné, care s-au constituit la începutul secolului al XIX-lea. În Franța au existat în număr destul de mare, unele dintre ele întîlnindu-se încă și astăzi, cu toate că importanța lor s-a atenuat mult. În alte țări, mai există unele societăți care continuă să fie foarte active, cum este Societatea linneană din Londra. Tot așa sînt și societățile zoologice create de-a lungul secolului în Franța, Anglia (1826) și în alte țări, și care rămîn

[2] La noi, I.A. Scriban a inițiat tripla colorare. — *C.M.*

foarte dinamice, sau altele mai specializate, ca societățile entomologice. Aceste diverse societăți au asigurat publicarea și difuzarea unui mare număr de lucrări cu caracter sistematic.

Naturaliștii, în special zoologii, iau parte activă la reuniunile anuale ale marilor asociații științifice care se creează în Germania (L. Oken, 1822), apoi în Anglia (1831), în Franța etc.; reuniuni care prefigurează astfel marile congrese internaționale de zoologie de la sfîrșitul secolului: Paris (1889), Moscova (1892), Leyda (1895) și Cambridge (1898).

Trebuie semnalată, de asemenea, fundarea sau extinderea, în numeroase centre, a unor muzee în care sînt asigurate conservarea și prezentarea pentru public a materialelor studiate de către cercetători. În primul rînd se situează Muséum national d'Histoire naturelle de Paris și British Museum of Natural History din Londra. În Statele Unite, muzeul din New York a știut să asocieze prezentarea concretă și vie a naturii pentru publicul larg cu concentrarea metodică a documentelor destinate specialiștilor; muzee similare și centre de cercetări s-au dezvoltat în numeroase orașe și universități (Chicago, Princeton, San Francisco, Smithsonian Institution din Washington, Yale University etc.). Menționăm în mod special Museum of comparative Zoology fundat la Harvard College de L. Agassiz și dezvoltat de fiul acestuia, A. Agassiz.

Menajeriile și grădinile zoologice, a căror origine datează din antichitate, au cunoscut o mare înflorire în cursul secolului al XIX-lea.

Menajeria de la Muzeul național de istorie naturală din Paris, creată în 1793, este deschisă pentru public la începutul secolului. Darurile suveranilor africani îmbogățesc colecțiile. În 1826, pașa Egiptului oferă regelui o girafă, prima care ajunge vie în Franța și a cărei sosire constituie un mare eveniment.

Una dintre primele preocupări ale societății zoologice a fost de a crea grădini zoologice. Prima dintre ele s-a deschis la Londra, în 1827. Ulterior, s-au organizat în mod succesiv cele din Dublin (1831), Bristol (1835), Philadelphia (1874), Cincinnati (1875), New York (1899), Melbourne (1865) etc. În Germania, au fost organizate grădini zoologice la Berlin (1844), apoi în numeroase alte orașe, de către societăți pe acțiuni. Citățm totodată deschiderea grădinilor zoologice din Copenhaga (1859), Stockholm și Basel (1873), Högholmen (Finlanda, 1891) etc. Menționăm, de asemenea, crearea primelor grădini zoologice de aclimatizare (Paris, 1860; Moscova, 1863; Lisabona, 1883 etc.). În mod corespunzător, importul de animale sălbatice se organizează la Hamburg (1845). Semnalăm, în sfîrșit, instalarea primelor mari acvarii (Berlin, 1869; Brighton, New York etc.).

În timp ce crește numărul periodicelor științifice generale, create de academii, universități sau diverse asociații, apar primele reviste specializate, organe ale societăților zoologice sau ale laboratoarelor, ori publicații autonome; „Journal de la physiologie expérimentale" (1819), „Annales des sciences naturelles" (1824), „Müller's Archiv" (1834), „Nature" (1869) etc., precum și primele buletine bibliografice: „Zoological Record" (1864), „Index Medicus" (1879), „Zoologischer Jahresbericht" (1880) etc.

B. CONCEPȚII NOI ÎN ZOOLOGIE

TAXONOMIA ȘI SISTEMATICA. În ediția a 10-a din *Systema Naturae* (1758), Linné a descris 4370 de specii. Acest număr a sporit în mod rapid și în proporții considerabile, de unde și necesitatea unui efort de clasificare.

Vechile clasificări, construcții formale și arbitrare, se străduiau să grupeze animalele în funcție de asemănări sau de deosebiri; ele acordau importanță mai cu seamă caracterelor exterioare și modului de viață. Această concepție a condus la erori care ni se par astăzi de neconceput, relevînd în mare măsură o confuzie între organele analoge și cele omologe.

Linné împărțise animalele în șase clase: patrupede, păsări, amfibii, pești, insecte și viermi. În 1806, Lamarck distinge, în *Tableau du règne animal*, animale cu vertebre — mamiale (care vor fi numite mai tîrziu mamifere), păsări, reptile, pești — și animale fără vertebre — moluște, anelide, crustacee, arahnide, insecte, viermi intestinali, radiare, polipi. În 1807, el adaugă infuzorii pe care-i situează, în mod greșit, în rîndul polipilor; apoi intercalează ciripedele între moluște și anelide; clasificarea lui cuprinde deci 14 clase. Clasificarea lui Cuvier va fi mult diferită (*Règne animal*, 1817); el recunoaște „patru forme principale, patru planuri generale" pe care au fost clădite toate animalele. Ele corespund încrengăturilor de vertebrate, moluște, articulate, zoofite. *Règne animal* al lui Cuvier reprezintă o lucrare fundamentală în care clasificările se întemeiază pe anatomia comparată și în care studiul speciilor vii se găsește pentru prima dată asociat cu cel al speciilor fosile.

Noțiunea de evoluție, în plină dezvoltare, va da un puternic impuls tuturor clasificărilor; începînd de atunci, clasificărilor naturale li se va substitui o clasificare evolutivă bazată pe filogeneză. Pentru a putea fi înțeleasă, această transformare lentă va trebui să apeleze la documentele oferite de diverse discipline; paleontologie, morfologie și anatomie, embriologie. Arborilor genealogici, prezentați mai mult sau mai puțin fantezist, le vor urma alții care, ținînd cont de achizițiile recente, vor indica legăturile de rudenie. Încercarea lui Haeckel (1868), una dintre cele mai vechi, era încă prematură.

În 1877, T. H. Huxley scria:

„Lucrurile clasificate sînt aranjate în funcție de totalitatea asemănărilor lor morfologice, iar trăsăturile care sînt considerate ca fiind specifice grupului sînt cele ce au fost determinate prin observare ca fiind la originea a numeroase asemănări și deosebiri". Diversele categorii sistematice se întemeiază pe „o enumerare și o evaluare a asemănărilor morfologice, fără o referință explicită la filogenie".

Aceste concepții diverse vor termina prin a se pune de acord în secolul al XX-lea.

O dificultate a sistematicii constă în definirea fiecărui grup sistematic și îndeosebi a speciei. Una dintre cele mai reușite încercări de a defini specia aparține lui Cuvier:

„Specia este o colecție a tuturor vietăților organizate născute unele din altele sau din părinți comuni și din acelea care li se aseamănă tot atît de mult cît se aseamănă ele între ele".

Dar criteriul morfologic al speciei este insuficient. Acest lucru l-a înțeles bine Buffon. Sistematicienii moderni se vor strădui să stabilească o definiție mai precisă a speciei, bazîndu-se pe mai multe criterii.

SPECIALIZARE ZOOLOGICĂ. În cadrul uriașei dezvoltări pe care a cunoscut-o zoologia, fiecare dintre marile sale încrengături a devenit un domeniu de cercetare căruia i s-au consacrat diverși specialiști, nu fără a se crea, de altfel, legături între aceste diferite cîmpuri de cercetare. Unul dintre ele este cel al vertebratelor în cadrul căruia enumerarea și clasificarea speciilor au fost într-o largă măsură precizate paralel cu studierea minuțioasă a embriogenezei și anatomiei comparate, fiecare dintre clasele acestei încrengături oferind posibilități deosebit de vaste de cercetare.

Studiul moluștelor a constituit un alt domeniu de cercetări specializate: malacologia.

La fel s-au petrecut lucrurile și cu încrengătura artropodelor și mai cu seamă cu clasa insectelor, care include un mare număr de indivizi. Entomologia, devenită o știință cvasiautonomă, a furnizat materiale prețioase embriologiei generale, ea solicitînd în același timp cercetări multiple și urgente datorită prejudiciilor deseori foarte grave pe care insectele le provoacă agriculturii și altor activități umane. Prin frumusețea lor, fluturii au atras numeroși colecționari[3], fără a mai ține seama de însemnătatea utilitară a unor specii, ca *Bombyx mori*, producător de mătase, ale cărui boli au determinat, în secolul al XIX-lea, efectuarea unor cercetări experimentale de către Pasteur. Alte insecte s-au dovedit a fi vectori de temut ai germenilor infecțioși, în special ai filariozei și ai malariei.

În altă ordine de idei, studierea insectelor sociale — albine, viespi, furnici, termite — a constituit un cîmp de cercetări speciale, de cel mai înalt interes. Studiul general al obiceiurilor insectelor, cu largile sale posibilități experimentale, a format obiectul a nenumărate lucrări și expuneri care au depășit cu mult lumea specialiștilor. E suficient să reamintim în această privință numele lui J. H. Fabre (1823—1915), care a trăit solitar, dar a cărui operă scrisă a fost larg difuzată.

Alte grupe de artropode, cum sînt arahnidele (păianjeni, scorpioni, acarieni), au constituit obiectul a numeroase studii, dintre care unele au avut repercusiuni asupra domeniului medicinii și patologiei.

[3] Aristide Caradja (1861—1955) a studiat microlepidopterele din Extremul Orient, descriind mii de specii noi. — *C.M.*

Echinodermele au oferit un material valoros pentru studierea a numeroase probleme de embriologie generală: fecundație, segmentarea oului, partenogeneză experimentală.

Studiul viermilor — în special al anelidelor[4] și al platelminților — și al celenteratelor (a căror formă de bază este polipul de apă dulce, studiat de A. Trembley în secolul al XVIII-lea), a constituit un cîmp fecund de cercetare al zoologiei și al biologiei generale.

C. INVENTARUL FAUNISTIC

În cursul secolului al XIX-lea, inventarul faunistic s-a îmbogățit considerabil; cînd parcurgem un tratat amănunțit de zoologie, ne impresionează numărul mare de cercetători din secolul al XIX-lea care și-au legat numele fie de descrierea originală a unor specii noi, fie de un gen nou sau de o familie nouă. Descoperirilor și diagnosticărilor de specii li se adaugă studii anatomice și embriologice asupra unor specii găsite în secolul al XVIII-lea, dar incomplet cunoscute. Fiind în imposibilitate de a prezenta aici un studiu exhaustiv al contribuției zoologilor din secolul al XIX-lea la inventarierea faunei, vom menționa doar cîteva fapte și observații mai interesante.

INVENTARUL NEVERTEBRATELOR. Viermii lați sau platelminții formează deja obiectul unor cercetări dintre care unele se bucură și astăzi de întreaga lor autoritate, îndeosebi monografiile asupra turbelariatelor de A. Lang (1884) și de Von Graff (1899).

În secolul al XVII-lea, rotiferele erau confundate cu protozoarele; Cuvier le clasifică chiar printre infuzori; Ehrenberg (1838) le delimitează, sub numele de *Rotatoria*, ca o clasă de infuzori; Dujardin (1851) corectează numeroase greșeli ale lui Ehrenberg. Huxley atrage atenția asupra importanței filogenetice a protonefridiilor. Hatschek concepe teoria sa asupra larvei trocofore, care le conferă rotiferelor o importanță filogenetică. În 1886, începe o nouă perioadă o dată cu frumoasele studii anatomice ale lui Zelinka.

Gastrotrichiile, animale microscopice, sînt cunoscute din secolul al XVII-lea, dar se confundă cu infuzorii. Ehrenberg (1838) și Schultze descriu specii pe care le atribuie, primul rotiferelor, al doilea, turbelariatelor. Mecinikov (1864) acceptă înrudirea lor cu rotiferele și creează numele de gastrotrichii, în timp ce Zelinka (1885) le face un prim studiu anatomic amănunțit.

Primul reprezentant al echinodermelor (echinorinc) este observat în 1841, printre algele de pe malurile Canalului Mînecii, de către Dujardin, care însă nu-și publică descoperirea decît în 1851. Claparède (1863) redescoperă același echinoderm și o specie nouă; ulterior, echinodermele sînt redescoperite pe diversele coaste europene. Greff (1869) și Reinhard studiază în detaliu anatomia lor.

[4] G. Pruvot și E. G. Racoviță au studiat anelidele polichete din Marea Mediterană. — *C.M.*

Nematodele parazite sînt cunoscute de foarte mult timp. Rudolphi (1819) descrie 11 genuri și aproximativ 150 de specii. Gegenbaur propune numele de nemathelminte care este acceptat. Anatomia și ciclurile vitale ale paraziților sînt studiate de numeroși helmintologi, de la Leuckart și P.J. van Beneden și pînă la Schneider, care publică, în 1866, lucrarea *Monographia der Namatoden*. T. L. Bancroft descoperă în Australia femela adultă de filaria (1876) pe care Cobbold o numește *Filaria bancrofti*. Masculul adult a fost descoperit de A.G. Bourne (1888).

Descoperirea tardigradelor a avut loc tîrziu, din cauza dimensiunilor lor mici. În 1777, Spallanzani denumește pe unul dintre aceste animale *Tardigradus*[5], nume pe care Doyère îl va relua apoi, pentru a desemna întregul grup (1840).

Vasta încrengătură a artropodelor a fost denumită ca atare de Siebold și Stannius (1845). Vom lăsa la o parte foarte numeroasele cercetări privind cheliceratele, pentru a schița o imagine succintă a entomologiei.

În 1838, Burmeister publică *Handbuch de Entomologie*, care ilustrează dezvoltarea cunoștințelor la acea dată. Apterigotele, foarte puțin cunoscute, au fost grupate la început sub numele de *Thysanura*; pe măsură ce se fac noi recoltări și identificări de insecte, și numărul de date sporește, clasificările succesive devin mai edificatoare desprinzîndu-se mai multe grupări. Odonatele sînt studiate îndeosebi de E. de Selys-Longchamp și inventarul lor crește de la 18 specii în 1758 la 400 în 1853. Studierea plecopterelor va înregistra un mare progres cînd se vor folosi caracterele organelor genitale: cele ale nemurelor vor fi descrise de A. Gerstäcker în 1874. Fabricius, Latreille, Burmeister și Carl Stal au contribuit la progresul cunoștințelor referitoare la hemiptere, asupra cărora A. Dohrn publică primul catalog (1859).

Coleopterele sînt deja foarte cercetate; unul dintre cei mai mari specialiști este A. Dejean, care a publicat în 1837 un catalog conținînd 22 399 de specii de carabide. Th. Lacordaire a întocmit o descriere a genurilor de coleoptere din lume (11 vol., 1854—1876), terminată de F. Chapuis; C. Jacquelin du Val și L. Fairmaire au publicat patru volume asupra genurilor europene; ar mai putea fi citate numeroase lucrări scrise de autori germani și francezi.

F. Smith publică un catalog al himenopterelor conservate la British Museum; apar de asemenea lucrări privind himenopterele din Europa și din Africa de nord etc.

Ca și coleopterele, dipterele sînt foarte mult studiate; J.W.Meigen (1764—1845) este considerat în general ca părintele dipterologiei. Alături de numele lui, trebuie adăugate cele ale lui Latreille (căruia i se datorează termenii de protorace, mezotorace), Audouin, Réaumur.

Echinodermele au fost mult studiate în secolul al XIX-lea. Atît speciile fosile, cît și cele recente au stat în atenția unor eminenți specialiști. Lucrări clasice au fost consacrate embriologiei echinodermelor de Sars (1844), Koren și Danielssen (1847), L. Agassiz, Kovalevski, Mecinikov etc.

[5] Eugen Botezat (1871—1934) a studiat tardigradele stabilind afinitățile lor. — *C.M.*

STOMOCORDATE ŞI PROCORDATE. Studiul stomocordatelor a înregistrat progrese evidente în secolul al XIX-lea. A. Kovalevski (1867), Mecinikov, Bateson şi Spengel cercetează balanoglosul. Graptoliţii sînt descrişi de Barrande (1850). Rabdopleura, descoperită în 1866 de O.G. Sars în insulele Lofoten, este descrisă de M. Sars (1868), apoi de Allman, O. Sars, R. Lankester etc. *Cephalodiscus*, pescuit de vasul „Challenger" în strîmtoarea Magellan, este studiat de Mac Intosh, în 1887.

De Savigny (1816), prin cercetările sale anatomice asupra ascidiilor simple şi compuse, a demonstrat unitatea structurii lor, iar Lamarck (1816) a stabilit clasa *Tunicata*, a cărei poziţie a rămas nelămurită. Prin cercetări remarcabile (1868—1871), ilustrul embriolog rus A. Kovalevski a precizat această poziţie; el a demonstrat că, cu toată structura lor uimitoare, tunicierii sînt nişte cordate; este un exemplu frumos de aplicare a legii biogenetice de recapitulare ancestrală. Aceste descoperiri remarcabile au suscitat numeroase lucrări, în special cele ale lui E. van Beneden (1884) şi ale şcolii sale, ale lui Giard (1872), Lacaze-Duthiers, Haller, Caullery (1895), Della Valle (1898) etc.

La fel ca şi stomocordatele, cefalocordatele formează obiectul unor cercetări foarte importante. În 1774, Pallas descoperise amfioxul *(Amphioxus)* pe care-l clasificase printre moluşte. Costa (1834) semnalează legăturile de rudenie dintre amfiox şi ciclostomi, peştii cei mai primitivi[6]. Dar el confundă cirii peribucali cu branhiile şi denumeşte animalul *Branchiostoma*. În 1837, Yarrell descoperă coarda dorsală a acestui cordat şi îl denumeşte *Amphioxus*. Între 1841 şi 1844, lucrările anatomiştilor Goodsir, Rathke şi J. Müller pun în evidenţă omologiile fundamentale dintre amfiox şi vertebratele inferioare. În 1867, A. Kovalevski demonstrează că dezvoltarea ascidiilor aminteşte de cea a cefalocordatelor. Această descoperire răsunătoare aduce precizări asupra raporturilor posibile între vertebrate şi nevertebrate. Willey sintetizează ansamblul cunoştinţelor existente, reunindu-le în studiul său, *Amphioxus and the Ancestry of the Vertebrates* (1894).

PALEONTOLOGIA NEVERTEBRATELOR. Paralel cu lucrările referitoare la formele actuale, secolul al XIX-lea a adus contribuţii importante la cunoaşterea nevertebratelor fosile[7].

La începutul secolului, Lamarck publică *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (1815—1822), în care un loc important îl ocupă nevertebratele marine fosile şi în principal moluştele; această lucrare constituie baza malacologiei.

[6] Ciclostomii nu sînt peşti, ci agnatostomi. — *C.M.*

[7] Paleontologia vertebratelor este tratată mai departe de *J. Piveteau* (pp. 512—532); dezvoltarea paleontologiei stratigrafice a fost analizată în paginile precedente de *R. Furon* (pp. 382—388).

În cursul primei jumătăți a secolului apar în diverse țări descrieri de specii, monografii de faune, cataloage.

În Franța, G.P. Deshayes publică *Description des Coquilles fossiles des environs de Paris* (4 vol., 1824—1837), în timp ce d'Orbigny studiază, în *Paléontologie française* (14 vol., 1840—1854), brahiopodele, moluștele și echinodermele din jurasic și cretacic. J. Sowerby și J. de Carle Sowerby descriu moluștele din Marea Britanie (6 vol., 1812—1846). În Germania apar *Die Petrefactentenkunde* a lui E. von Schlothelm, două lucrări de sinteză ale lui H.G. Bronn *(Lethaea Geognostica*, 1834—1838; *Index Palaeontologicus*, 1848—1849) și un inventar al faunei fosile din Germania, întocmit de G.A. Goldfuss și G. Münster. Menționăm, de asemenea, studiul moluștelor terțiare din America de Nord efectuat de T.A. Conrad (1832—1833).

În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, paleontologia cunoaște o mare înflorire marcată și prin înființarea, în 1847, a Societății paleontologice din Londra și crearea, în Germania, a unui periodic specializat, „Paleontografica".

Iată cîteva rezultate deosebite, obținute în domeniul paleontologiei nevertebratelor.

Începînd din 1835, Dujardin așezase foraminiferele printre protozoare. Diverse clasificări îi succed celei a lui d'Orbigny (1852), întemeiată pe creșterea și dispunerea cămăruțelor.

În 1824, R. Grant recunoaște apartenența spongierilor la regnul animal. În timp ce sînt propuse numeroase clasificări, W. Thompson este primul care arată o asemănare de structură între un spongier fosil (ventriculites) și spongierii silicioși actuali. Examinarea spongierilor în secțiuni subțiri va permite ca studiul lor să progreseze. Zittel (1877) arată că spongierii vii și fosili constituie un grup unic.

Printre numeroasele publicații consacrate celenteratelor, citățm importantele monografii ale lui J. Haime și H. Milne-Edwards asupra coralilor, precum și cea a lui Nicholson, asupra stromatoporidelor.

Crinoidele sînt studiate de J.S. Miller (1821), blastoidele de Flemming (1828), cistoidele de Buch (1845). Leuckart (1848) le așază pe toate în seria evolutivă a echinodermelor, în timp ce S. Lovén stabilește o nomenclatură a zonelor ambulacrare și interambulacrare.

Brahiopodele, al căror nume datează de la Cuvier (1802), sînt studiate de Buch (1834), Th. Davidson, J. Barrande, Waagen.

Printre nenumăratele publicații referitoare la moluște, citățm *Manual of Conchology* (17 vol., 1879—1898), de Tryon și Pilsbry, *Essais de paléoconchologie comparée* (13 vol., 1895—1925), de M. Cossmann, *Der Jura* (1885—1888) și *Die Ammoniten des Schwäbischen Jura*, de F.A. Quenstedt, *Système silurien du centre de la Bohême* (7 vol., 1852—1899), de J. Barrande, și cele 5 volume consacrate de F.J. Pictet și G. Campiche descrierii fosilelor cretacice (1858—1872). Hyatt (1884) întemeiază o clasificare pe bază de considerente filogenetice, în timp ce Suess introduce numele generic de moniți pe baza caracterelor structurale observate.

Trilobiţii sînt studiaţi de J.W. Dalman (1827), F. Quenstedt (1837), Goldfuss (1843), Burmeister (1843). În 1852, apare o importantă monografie a lui Barrande, primul care observă larvele de trilobiţi. Începînd din 1881, C.D. Wolcott descrie specii noi.

Primele insecte fosile sînt descrise de E.F. Germar (carboniferul din Germania) şi de C. Brongniart (carboniferul din Commentry). Frumoasele fosile de la Solenhofen sînt studiate de Meunier, Oppenheim etc. S.H. Scuder (1886) stabileşte un index al tuturor insectelor fosile cunoscute.

REPTILELE. În ceea ce priveşte inventarul vertebratelor, vom aminti doar marile etape ale herpetologiei şi ale ornitologiei. Istoria herpetologiei din secolul al XIX-lea cuprinde două perioade bine distincte. Prima ţine de Duméril şi Bibron, care au publicat o *Erpétologie générale ou histoire naturelle complète des Reptiles*, întocmită pe baza colecţiilor de la Muzeul din Paris (10 vol., 1834—1854).

Trebuie să-i mai citãm încă pe francezii L. Vaillant şi Bocourt — acesta din urmă cunoscut pentru studiile sale asupra reptilelor din America Centrală —, germanul W.C.H. Peters, care a organizat o expediţie zoologică importantă *(Reise nach Mossambique*, 5 vol., 1842—1848), austriacul F. Steindachner şi, în Rusia, A. Strauch[8].

Apoi centrul de greutate al herpetologiei se mută de pe continent în Anglia, unde J.E. Gray publică un catalog al reptilelor din British Museum în „Annals and Magazine of Natural History" şi în „Proceedings of the Zoological Society of London" (1825—1874). Asistentul său, A. Günther, care a descoperit că tuatara *(Sphenodon)*, fosilă vie, era unica reprezentantă în viaţă a ordinului rincocefalilor (1867), a fundat în 1864 revista „Zoological Record", care apare şi astăzi. Colaboratorul său belgian, G.A. Boulenger, a consacrat amfibienilor şi reptilelor numeroase publicaţii axate pe clasificarea şi distribuţia lor mondială.

Acestor nume mari li se adaugă cele ale lui J. Anderson, care a inventariat fauna din Asia şi Egipt, O. Boettger de Francfort şi Theodor Eimer care a studiat acţiunea mediului asupra reptilelor. Anatomia acestor animale a fost cercetată de numeroşi alţi autori, printre care G. Retzius şi C. Gegenbaur.

Cercetările lui H. Sewall asupra antiveninelor (1887) pregătesc calea spre importantele descoperiri din secolul al XX-lea. În America, herpetologia începe să se dezvolte spre 1850 prin Baird, E.D. Cope şi L. Stejneger.

PĂSĂRILE. Ornitologia de la începutul secolului, mai cu seamă sistematică, descrie specii şi subspecii. În America, cinci ornitologi desfăşoară o muncă de pionierat: A. Wilson, Ch.L. Bonaparte, W. Swann, J.J. Audubon, T. Nuttall. Prin moartea lui Audubon (1854), această eră se încheie. A doua jumătate

[8] Reptilele şi amfibiile au fost studiate, de asemenea, de cercetătorul rus (de origine română) Iacov Vladimir Bedreaga (1854—1914), care şi-a trecut doctoratul cu Haeckel, prezentînd o teză în limba germană „asupra naşterii culorilor la şopîrle" (1876). A scris lucrări de herpetologie care însumează peste 2000 de pagini. — *C. M.*

a secolului va cunoaşte apariţia a numeroase lucrări asupra faunei locale, mai cu seamă europene, şi monografii ale diverselor grupuri de păsări; principalii autori sînt Mortensen în Danemarca, Selous în Anglia şi Chapman în S.U.A. După această perioadă descriptivă, ornitologia se va orienta spre diverse căi.

Hermann Schlegel aplică nomenclatura trinominală la variantele geografice (1844), în timp ce Bruch o propusese pentru variantele morfologice care se diferenţiază de tip. În 1850, S.F. Baird începe explorarea ornitologică a Americii de Nord, studiind în special variaţiile geografice ale păsărilor. Colaboratorul său, R. Ridgway, se interesează de problemele ridicate de specie şi subspecie, J.A.Allen studiază caracterele păsărilor în raport cu condiţiile de mediu; concluziile lui sînt favorabile concepţiei lui Lamarck. Un alt ornitolog de mare valoare, E. Coues, se preocupă de aceleaşi probleme. Importante cercetări asupra anatomiei aviare sînt efectuate de R. Owen şi de numeroşi alţi zoologi. Se propun, totodată, diverse clasificări: cea a paseriformelor, de J. Müller, întemeiată pe structura organului lor vocal; cea a lui T.H. Huxley, bazată pe structura şi poziţiile relative ale oaselor palatine (1867); cea a lui A.H. Garrod, în funcţie de dispoziţia carotidelor.

Migraţiile păsărilor îi interesează pe biologi. H. Schlegel (1828) observă traiectele şi locurile de iernare ale păsărilor europene; suedezul Ekström publică primele informaţii referitoare la datele de sosire şi de plecare ale speciilor migratoare. J.A. Palmén propune o teorie a căilor de migrare (1876). Pentru a observa păsările, H. Gätke se instalează pe insula Helgoland şi rezumă, în 1891, teoriile sale întemeiate pe 50 de ani de studii atente. A. Reichenow şi elevii săi recunosc necesitatea unei activităţi în comun. Comitete pentru studiul migraţiilor se organizează în Germania (1877), apoi în Anglia, în Austria, în America. Inelarea păsărilor, introdusă de către H.C. Mortensen (1890), va fi extinsă abia în secolul al XX-lea[9].

Comportamentul păsărilor îi preocupă deja pe cercetători; în cursul primei jumătăţi a secolului, ideile lui Ch. L. Brehm şi cele ale fiului său A.E. Brehm exercită o influenţă puternică. A.E. Brehm publică *Das Leben der Vogel* (1861) şi *Illustriertes Thierleben* ((1864—1869), literatură antropomorfică şi sentimentală. Primele critici au fost emise de B. Altum (*Der Vogel un sein Leben*, 1868); antidarvinist şi anticatolic, el recunoaşte comportamentul instinctiv, activităţile urmînd să fie considerate ca nişte răspunsuri la stimulii externi. Pentru prima dată, el expune noţiunea de teritoriu. Dar, majoritatea spiritelor rămîn sub influenţa ideilor emise de Brehm, cele ale lui Altum suscitînd deseori reacţii violente de ostilitate. În 1896, teoria lui Morgan asupra comportamentului instinctiv va reţine atenţia, deoarece spiritele vor fi receptive la acea dată.

Cunoştinţele referitoare la păsările fosile s-au îmbogăţit considerabil. Primul *Archeopterix* descoperit la Solenhofen, în 1861, a fost descris de Owen. A. Milne Edwards studiază păsările fosile din Franţa (4 vol., 1867—1871), O.C. Marsh, păsările din cretacic din America de Nord, R.W. Shufelt, osteologia păsărilor fosile. Mai amintim

[9] La noi în ţară Wolstein (1795—1859), Dombrovski (1869—1932), Linţia (1880—1952) ş.a. au studiat păsările. — *C.M.*

descoperirea unei păsări gigante din eocen, *diatryma* (E.D.Cope, New Mexico, 1876), și cea, făcută de F. Ameghino, a lui *Phororhacos*, pasăre uriașă din miocen, care a trăit în America de Sud.

În timp ce iau ființă primele reviste specializate de ornitologie — „Journal für Ornithologie", în Germania (1852); „Ibis", în Anglia (1858); „The Bulletin of the Nuttall Ornithological Club", în America (1876, devenită „Auk" în 1883); „Ornis" (1885) —, cooperarea internațională se organizează și primul Congres internațional de ornitologie are loc la Viena, în 1884.

D. PROTOZOARELE

Domeniu important al zoologiei, marea lume a protozoarelor a fost recunoscută și explorată în întregime în cursul secolului al XIX-lea, pe baza noii noțiuni de celulă și datorită perfecționării microscopului și tehnicilor histologice.

Unul dintre zoologii care au precedat această mare mișcare științifică, germanul C.G. Ehrenberg (1795—1876), ignorînd încă noțiunea de celulă, a dat descrieri deseori eronate ale acestor organisme. F. Dujardin a avut marele merit de a recunoaște natura și proprietățile substanței fundamentale a acestor ființe și a celulei în general. Cîțiva ani mai tîrziu, a fost recunoscută structura unicelulară a tuturor organismelor inferioare. În scurt timp s-a descoperit o lume variată și foarte răspîndită, care reprezenta una dintre formele fundamentale ale vieții. Haeckel a creat regnul neutru al protistelor, în care a reunit toate organismele unicelulare. În realitate, protistele cuprind două grupe: protistele cu afinități vegetale, sau protofite, și protistele cu afinități animale, sau protozoare, al căror studiu, sau protistologie, a devenit una dintre ramurile principale ale zoologiei.

La protozoare, celula îmbracă o extremă varietate de forme și structuri. Condițiile de viață nu sînt nici ele mai puțin diverse și acoperă arii dintre cele mai variate — solul, marea, apele dulci — fără a mai număra formele parazite.

Protozoarele cuprind mai multe clase. La bază stau *rizopodele* și printre ele amiba, a cărei celulă apare sub forma sa cea mai simplă, cu nucleu și citoplasmă, asigurînd prin deformările sale mobilitatea celulei și înglobînd particulele cu care se hrănește. Amibele trăiesc liber în apă; unele se înmulțesc în intestinul omului, determinînd apariția unor dizenterii periculoase și contagioase. Un alt grup al rizopodelor este cel al *foraminiferelor;* majoritatea acestora secretă o cochilie calcaroasă și astfel au putut lăsa urme fosile de importanță considerabilă. Alte forme constituie grupul *heliozoarelor* în apele dulci și al *radiolarilor* în mări, dintre care majoritatea generează un schelet format din ace silicioase și se prezintă sub forme foarte variate. Un alt mare grup îl constituie *flagelatele*, organisme mobile datorită unuia sau mai multor filamente (flagele) care le asigură și le reglează deplasările; multe dintre ele sînt parazite, unele patogene. De acest grup ține noctiluca, principalul furnizor al fosforescenței mărilor. Altă clasă de protozoare este cea a *sporozoarelor* (gregarine, coccidii, mixosporidii, sar-

cosporidii etc.), toate paraziţi interni, în ţesuturi, în tubul digestiv sau în mediul intern al gazdelor celor mai diverse. În sfîrşit, marea clasă a *infuzorilor ciliaţi* (cilioforelor), prevăzuţi cu un înveliş şi cu cili vibratili, şi care trăiesc fie liberi în apele dulci sau marine, fie paraziţi.

REPRODUCŢIE ŞI CILI. Protozoarele au constituit obiectul a nenumărate cercetări atît în ceea ce priveşte structura lor, cît şi condiţiile de viaţă şi de reproducere. S-au pus astfel în evidenţă, în afara unei diversităţi şi a unei diversificări, uneori uriaşă de structură, nişte cicluri evolutive bine definite în cadrul cărora se suprapun procese, fie de simplă multiplicare prin diviziunea celulei sau prin sporulaţie multiplă, fie de reproducere sexuată prin gameţi de fecundaţie, în condiţii şi sub aspecte foarte variate, a căror studiere s-a desăvîrşit, în cea mai mare parte, la sfîrşitul secolului al XIX-lea.

În condiţii foarte diferite, doi indivizi unicelulari putînd fi asemănători sau deosebindu-se prin dimensiune şi structură — pînă la un dimorfism echivalent cu cel al celulelor sexuale ale metazoarelor — fuzionează şi realizează echivalentul oului, formînd astfel începutul unei noi descendenţe care va prolifera doar prin diviziuni succesive, un timp mai mult sau mai puţin îndelungat.

Protagoniştii studiilor efectuate asupra gregarinelor şi coccidelor au fost germanul F. Schaudinn, polonezul Siedlecki şi francezul L. Léger[10]; în ciclul evolutiv al acestor forme intervine diferenţierea gameţilor şi o fecundare. La infuzori, sexualitatea se prezintă sub forma *conjugării*, apropierea şi contactul temporar a doi parteneri, cu un schimb reciproc de nuclee şi fuziunea acestora, realizîndu-se astfel echivalentul fecundării. Studierea acestor procese a constituit obiectul a multiple lucrări elaborate la sfîrşitul secolului al XIX-lea, în fruntea cărora trebuie aşezate cele ale lui Em. Maupas.

Un important studiu de sinteză, *Protozoa*, datorat lui O. Bütschli, autor al unor remarcabile lucrări de biologie celulară, a fost publicat în enciclopedia zoologică *Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs*.

Protistologia a devenit astfel un domeniu de interes major al zoologiei. După cum vom vedea, importanţa ei este accentuată prin repercusiunile pe care le are asupra patologiei, deoarece anumite protozoare parazite ale mamiferelor şi ale omului sînt agenţii patogeni ai unor flagele majore, ca paludismul, boala somnului şi numeroase epizootii.

E. PARAZITISM ŞI PARAZITOLOGIE

Există o serie de fapte care au, în zoologie, o semnificaţie sugestivă şi care au fost puse în evidenţă la sfîrşitul secolului al XIX-lea; sînt cele referitoare la parazitism, adică la modul de viaţă al indivizilor anumitor specii care trăiesc în

[10] Menţionăm şi pe Octave Dubascq (1868—1943), colaboratorul intim al lui Louis Léger (1866—1948). — *C.M.*

mod obligatoriu pe — sau în —organismul indivizilor unor alte specii, riguros definite pentru fiecare caz, și pe socoteala acestora. Asemenea condiții de viață au provocat la parazit deformări și transformări considerabile, care fac dificilă uneori identificarea adultului. Acest ansamblu de fapte constituie o mărturie deosebit de semnificativă în ceea ce privește realitatea evoluției. Prin multitudinea aspectelor pe care le îmbracă și desfășurarea deseori paradoxală a fazelor sale, parazitismul este unul dintre capitolele cele mai neobișnuite ale zoologiei. Studierea lui în a doua jumătate a secolului al XIX-lea rămîne una dintre cele mai semnificative contribuții din această perioadă.

DIVERSELE ASPECTE ALE PARAZITISMULUI. Grupe întregi ale regnului animal sînt formate numai din paraziți, ca trematodele și cestodele, care, indiscutabil, au afinități cu formele libere (planariile), împreună cu care formează încrengătura platelminților. În alte clase, cum sînt crustaceele, anumite grupe secundare, ordine sau familii, ori genuri particulare sînt constituite din paraziți. Alteori, de pildă la anumite insecte, parazitismul este legat de o perioadă incipientă a vieții, adulții *(imago)* fiind liberi. Prin urmare, parazitismul îmbracă aspecte multiple.

Unul dintre aspectele cele mai remarcabile este că, în diverse grupuri de paraziți, individul trebuie să treacă în mod obligatoriu în cursul dezvoltării sale, prin două gazde succesive, bine definite, pentru a atinge stadiul adult, și să se înmulțească, în anumite cazuri, pe cale asexuată, după modalități precise, în gazda provizorie. Un asemenea ciclu apare apriori ca fiind supus la obstacole majore, care sînt totuși învinse.

Un exemplu de modificări considerabile și foarte variate induse de parazitism în structura și dezvoltarea speciilor este dimorfismul sexual foarte accentuat, care nu există la formele libere ale aceluiași grup. Masculul este pitic și trăiește pe femelă sau în imediata ei apropiere, păstrînd mai mult sau mai puțin înfățișarea originară a grupului din care face parte specia, în timp ce femela este profund transformată.

Sub formele sale multiple și diverse, parazitismul constituie o lume stranie care li s-a revelat zoologilor din secolul al XIX-lea. Mulți paraziți sînt atît de deformați, încît ar rămîne niște aberații greu de inserat în clasificarea generală, dacă nu s-ar cunoaște fazele inițiale ale dezvoltării lor; datorită acestora și în special formelor lor larvare, care au păstrat înfățișarea inițială a grupului căruia aparțin, originea acestor tipuri profund modificate apare evidentă. Parazitismul, în ansamblul său, a realizat o *evoluție secundară*, ale cărei puncte de origine sînt perfect definite și a cărei cauzalitate rezultă, în mod evident, din condițiile de viață ale parazitului pe gazdă. Acest lucru constituie un argument important în favoarea acțiunii eficace a condițiilor de mediu asupra proceselor evoluției.

Modificările legate de dezvoltarea anumitor paraziți s-au arătat uneori atît de neașteptate, descoperirea și analiza lor exactă au apărut atît de neverosimile, încît au provocat vii contestații din partea unor naturaliști eminenți.

Un exemplu tipic este dezvoltarea saculinei (crustaceu care face parte din grupul ciripedelor, după cum o indică forma sa larvară) în interiorul gazdei sale (un crab), în care pătrunde larva și din care iese apoi parazitul adult, aberant ca aspect și struc-

tură. Ciclul descoperit şi descris în mod foarte precis de Yves Delage a provocat, datorită aspectelor stranii şi neprevăzute pe care le cuprindea, vii contestaţii din partea unuia dintre cei mai calificaţi specialişti, A.Giard. Descrierea dată de Delage a fost confirmată între timp prin studierea altor paraziţi, de pildă *Peltogaster* care trăieşte pe paguri.

PRINCIPALELE DESCOPERIRI. În cursul secolelor XVII şi XVIII, parazitologia a progresat lent. În secolul al XIX-lea, C. Rudolphi (1771—1832), un suedez care a lucrat mai cu seamă în Germania, va deveni pentru parazitologie ceea ce a fost Linné pentru zoologie. El organizează colecţii de paraziţi şi determină toate probele de material. De-a lungul primei jumătăţi a secolului al XIX-lea, sînt descoperite şi descrise numeroase specii de Dujardin, Diesing, Cobbold, Leidy etc. *Trichinella* este descoperită în corpul omenesc de Peacock (1828) şi în carnea de porc, de Leidy (1846). Dubini (1842) descoperă nematodele specifice omului; Hake, oocitele de coccidii ale iepurelui; Gluge şi Gruby (1842), tripanozomele din sîngele de broască; Gors (1849), prima amibă parazită pe om, *Endamoeba gingivalis*.

La mijlocul secolului al XIX-lea, metoda experimentală a fost aplicată în parazitologie. Herbst (1850) a reuşit să infesteze animale cu trichină; Küchenmeister obţine cestode adulte făcîndu-i pe cîini să mănînce cisticerci de iepure. Parazitologia experimentală a cunoscut o dezvoltare mondială prin Leuckart şi o întreagă pleiadă de parazitologi: în Germania (Braun, Hamann etc.), în Franţa (Blanchard, Railliet), în Anglia (Cobbold, Nuttall), în Belgia (P.J. van Beneden), în Suedia, în Elveţia, în Italia (Galli-Valerio, Grassi), în America (Cobb, Curtice etc. şi şeful şcolii moderne, H.B. Ward)[11].

Explicînd ciclurile complicate de dezvoltare a paraziţilor, parazitologia experimentală a pus în evidenţă rolul insectelor ca gazde intermediare sau ca vectori ai paraziţilor. Leuckart (1867) observă dezvoltarea unui nematod, *Protospirura muris*, parazit al şoarecelui, într-o insectă. În 1869, elevul său Melnikov demonstrează că *Dipylidium*, parazit al cîinelui, se dezvoltă în puricii acestuia, iar Fedcenko constată dezvoltarea viermelui de Guineea *(Dracunculus medinensis)* într-un crustaceu, şi anume în ciclop.

Patrick Manson, părintele medicinii tropicale moderne, menţionează în China dezvoltarea nematodului *Filaria bancrofti* în ţînţari care inoculează, prin înţepăturile lor, parazitul. Ulterior el presupune că un fenomen asemănător trebuie să intervină şi în cazul malariei, boală provocată de hematozoar, un protozoar din genul *Plasmodium*, care trăieşte în sînge, descoperit, în 1880, de Laveran. Douăzeci de ani mai tîrziu, ipoteza lui Manson va fi verificată. Într-adevăr, medicul militar englez R. Ross (1898), care trăia în India, va demonstra că *Plasmodium*-ul din sîngele păsărilor se transmite prin

[11] În România: C. Starcovici, V. Babeş, I. Ciurea, C.S. Motaş şi elevul său, Cernăianu. — *C.M.*

intermediul unui ţînţar. Italianul G.B. Grassi (1898) va dovedi într-un mod pe deplin convingător că agentul patogen al malariei se transmite prin ţînţari din genul *Anopheles*[12].

Ciclul *Plasmodiumu*-lui este complicat. Parazitul se înmulţeşte pe cale asexuată în sîngele omului sau al altor mamifere ori al păsăriilor, formînd pînă la urmă nişte elemente sexuate care nu-şi încheie evoluţia decît în corpul ţînţarilor. Acolo se efectuează diferenţierea gameţilor masculini şi feminini, mult deosebiţi unii de ceilalţi. Din oul astfel format derivă, în cavitatea intestinală a ţînţarului, foarte numeroşi indivizi mobili asexuaţi, care trec în glandele salivare ale insectei, de unde vor fi inoculaţi apoi prin înţepătură la om sau păsări. Există diverse specii ale acestui parazit, fiecare evoluînd în gazde bine definite, ţînţar pe de o parte, mamifere sau păsări pe de alta.

Reconstituirea precisă a ciclului diferitelor specii de *Plasmodium* a permis stabilirea unor măsuri profilactice, cea mai importantă fiind asanarea mediului exterior, prin secarea bălţilor în care se dezvoltă ţînţarii sau prin introducerea de peşti (cum este *Gambusia*) care se hrănesc cu larvele ţînţarilor. Soluţionarea acestei probleme zoologice, la care au contribuit numeroşi cercetători, printre care zoologul italian G.B. Grassi (1854—1925), a avut însemnate repercusiuni pe plan medical.

În 1893, americanii T. Smith şi Kilborne, cercetînd pe cale experimentală modalităţile de transmitere a febrei de Texas prin intermediul căpuşelor, constată, pentru prima dată, că un protozoar parazit (*Babesia**) trăieşte în corpul unui artropod[13] care îndeplineşte rolul de gazdă intermediară şi de vector.

Boala somnului este foarte răspîndită la populaţiile care trăiesc în Africa tropicală. Nepveu (1890) a decelat în sîngele bolnavilor prezenţa unui parazit din clasa flagelatelor, tripanozoma. În 1895, Bruce a arătat că acest protozoar este inoculat la om prin înţepătura unei specii de muşte *(Glossina palpalis)* — musca ţeţe. Se cunosc astăzi mai multe specii de tripanozome, care parazitează diverse mamifere; descoperirea şi reconstituirea precisă a ciclurilor lor au fost realizate la începutul secolului al XX-lea.

Încă din secolul al XVII-lea, era cunoscut efectul chininei asupra malariei. În secolul al XIX-lea sînt utilizate, de asemenea, cîteva antihelmintice. Faptul cel mai important a fost descoperirea, de către cercetătorii italieni, a acţiunii timolului asupra nematodelor din grupul *Strongylata* (1880). Marele progres al chimioterapiei infecţiilor parazitare va avea loc în secolul al XX-lea.

[12] A se vedea şi studiul dr. P. Astruc (p. 593—594).

* *Babesia = Babesiella*. A fost descoperită de C. Starcovici, care a dedicat-o lui V. Babeş. *Babesiella ovis* produce boala numită la noi „cîrceag" (v. C.S.MOTAŞ, *Contribution à l'étude de la piroplasmose ovine*, (1904).

[13] Acarianul *Ripicephalus bursa*, denumire dată de Canestrini şi Fanzago (1878) şi al cărui ciclu evolutiv şi rol patogen le-a studiat C.S. Motaş (1903, 1904).

Paraziţii diverselor animale au fost, de asemenea, studiaţi:

Lucrările lui Hesse (din 1880 şi pînă în 1900), ale lui Lacaze-Duthiers şi Y. Delage se referă la crustaceele parazite. Spengel (1881), apoi Miron şi Saint-Joseph descriu nişte anelide polichete, care se dezvoltă pînă la vîrsta adultă ca endoparaziţi. Zeller studiază (1872—1876) dezvoltarea trematodului *Polystomum integerrinum*, parazit al vezicii amfibienilor şi reptilelor. Originea parazitară a perlelor din scoicile de mărgăritar este recunoscută în 1852, de Filippi. Moluştele şi gastropodele parazite sînt temeinic studiate de Baur (1861). Beijerinck (1882) face observaţii şi experienţe sugestive asupra cecidiilor produse pe frunze de către himenoptere etc.

Principiul combaterii biologice a fost intuit de E. Darwin în 1800. Planchon şi Riley (1886) elimină un păduche ţestos exotic, *Icerya purchasi*, care devasta portocalii din California, introducînd şi aclimatizînd un coleopter australian, *Novius cardinalis*, care se hrăneşte cu *Icerya:* acelaşi principiu a fost aplicat în numeroase alte cazuri.

COMENSALISM ŞI SIMBIOZĂ. Comensalismul sau asocierea regulată a speciilor fără ca unele să trăiască pe socoteala altora a făcut obiectul a numeroase lucrări: de la Semper (1863—1864) pînă la Emery (1880), Giard şi Coutière. Au fost observate şi descrise exemple variate de comensalism, devenite astăzi clasice. În sensul acesta, speciile mirmecofile au fost studiate de Huber (1810), Wasmann (1895), Janet, Escherich.

Termenul de simbioză a fost creat de Anton de Bary în 1879, pentru a desemna asociaţia intimă şi constantă dintre două organisme cu raporturi reciproc avantajoase.

Asociaţiile dintre furnici şi ciuperci sînt studiate de Belt, A. Möller (1893), H. von Thering (1898). Zooclorelele şi zooxantelele sînt alge unicelulare care se găsesc în mod constant în citoplasma diverselor protozoare şi în ţesuturile anumitor nevertebrate; prezenţa lor este semnalată începînd din 1850 şi determinarea lor exactă, propusă de Cienkowski, este confirmată de Beijerinck. Micetoamele insectelor, cunoscute din 1858 la păduchele de plante (Huxley) şi studiat de Balbiani, Mecinikov, nu vor fi definitiv interpretate decît în secolul al XX-lea. Micetoamele coccidelor, semnalate de Leydig (1850), sînt studiate de Mecinikov; Putnam (1877) şi Moniez descoperă că ele includ nişte vegetale şi Lindner recunoaşte în ele levuri. Simbioza dintre furnici şi bacterii este semnalată de Blochmann (1884). Claparède menţionează, începînd din 1858, simbioza dintre o moluscă, *Cyclostoma elegans*, şi bacterii.

F. ECOLOGIE

Haeckel a creat, în 1866, termenul *oecologie* — de unde derivă forma actuală a termenului ecologie — pentru a desemna relaţiile animalelor cu mediul, îndeosebi relaţiile amicale sau ostile faţă de animalele sau plantele cu care

ele vin în contact[14]. Două lucrări importante evocă istoria ecologiei: *Experimental Morphology* (2 vol., 1897—1899), de Davenport, și *Animal Life* (1879—1881), de Semper.

ACȚIUNEA FACTORILOR EXTERNI. De-a lungul secolului și mai cu seamă spre sfîrșitul lui, numeroase cercetări, influențate de ideile lui Lamarck, se referă la acțiunea diverșilor factori de mediu asupra fiziologiei și dezvoltării animalelor. Se studiază astfel efectele absenței oxigenului (Kühne, 1864) sau sporirea proporției de bioxid de carbon (Demoor, 1894) asupra mișcărilor citoplasmei de amibă. Fayrer (1872) observă că șerpii nu sînt uciși de propriul lor venin, în timp ce Ehrlich (1891) stabilește că animalele prezintă o anumită obișnuință față de veninuri.

Bezold arată că proporția de apă în țesuturi variază la diferite specii (1857). Cooke observă (1895) rezistența la secetă a moluștelor din pustiuri. Acțiunea soluțiilor sărate, de diferite concentrații, este experimentată asupra amibelor (Kühne, 1864), apoi asupra flagelatelor, asupra crustaceelor din genul *Artemia*[15], heliozoarelor și asupra genului *Asellus*. Din 1816, Beudant remarcase că moluștele de pe litoral rezistă mai bine la apa dulce decît formele marine.

Edwards (1824) constată că mormolocii nu se dezvoltă în întuneric. Bèclard studiază în 1858, raportul dintre lungimea de undă a luminii și dezvoltare. În 1888, Seebohm semnalează influența luminii asupra migrării păsărilor. Acțiunea luminii asupra ouatului la păsările domestice este aplicată în practică mai întîi în Spania (1802), apoi în America de Nord (1895).

Semper (1881) încearcă să elucideze raportul dintre temperatură și dezvoltarea organismelor. Primele curbe termice sînt realizate de Lillie și Knowlton (1897). Temperaturile minimale și maximale compatibile cu viața sînt cercetate de Edwards (1824), Bert (1876). Doyère (1842) studiază influența lipsei de umiditate asupra rezistenței la temperaturi înalte. Möbius creează termenii de euri-și stenoterm, pentru a desemna speciile care suportă largi variații ale condițiilor de mediu, precum și pe cele care sînt legate de condiții foarte precise.

COLORAȚII PROTECTOARE. Existența și rolul fenomenului de homocromie sînt deja studiate. Începînd din 1830, J. Stark semnalează schimbările de culoare ale peștilor și Shaw anunță că aceste modificări îi apără de dușmani. Lister (1858) stabilește o corelație între vedere și starea cromatoforilor la broască. Pouchet confirmă această relație și menționează participarea sistemului nervos simpatic.

[14] Pentru Haeckel, ecologia este în principal știința comportamentului animal, știință pe care I. Geoffroy Saint-Hilaire o numise, din 1854, *éthologie*. Mai tîrziu, termenul „ecologie" și-a modificat treptat înțelesul, pentru a se apropia de cel actual; iată de ce este preferabil să se numească etologie știința pe care Haeckel o numise ecologie. Rarele cercetări de etologie animală și primele manifestări în ceea ce privește protecția naturii vor fi studiate în același timp ca și lucrările analoge din secolul al XX-lea.

[15] A fost studiată de Schmankevitch și, la noi, de P. Bujor. — *C.M.*

COMPORTAMENTUL. Marii călători, Walace, Hudson, Bates, Belt observă, în cursul expedițiilor lor, comportamentul animalelor puțin cunoscute și fac descrieri ale lor. Espinas (1877) publică un volum asupra *Societăților animale*, Whitman, o comunicare (*Animal Behavior*, 1898), în timp ce Davenport elaborează un tratat referitor la diferite tropisme (1897).

STUDIUL POPULAȚIILOR. Celebrele concepții ale lui Malthus au fost enunțate în 1798 și 1803: indivizii se înmulțesc potrivit unei progresii geometrice, în timp ce cantitățile de alimente nu cresc decît într-o progresie aritmetică; rezultă de aici un dezechilibru care determină o luptă pentru viață. Aceste teorii au avut o influență profundă asupra lui Darwin. Quetelet (1835) și Verhulst expun o lege a creșterii populațiilor, criticată de Doubleday (1841). W. Farr (1843) oferă o formulă a proporției de mortalitate în funcție de densitatea populației:

$R = cD^m$, R fiind proporția de mortalitate, D — densitatea populației, c și m — constante.

A. Spencer (1852) publică *Theory of Population, educed from the general Law of animal Fertility*, lucrare care va fi încorporată ulterior în *Principles of Biology* (1867). Semnalăm, totodată, cercetările întreprinse de Hensen pentru a determina cantitatea de plancton pe o suprafață dată și a cunoaște variațiile ei.

ASOCIAȚII ȘI COMUNITĂȚI. E. Forbes studiază răspîndirea animalelor în apele aparținînd Angliei și în cele ale Mării Egee (1843—1844); el descoperă că diversele zone de adîncime adăpostesc specii caracteristice; este prima lucrare de ecologie care exprimă aspectul dinamic al raporturilor dintre organisme și mediu. J.D. Dana (1852—1853), Packard, Verrill împart regiunea de litoral a oceanului în provincii caracteristice pentru anumite faune. Verrill și Smith (1874) disting mai multe zone populate de anumite specii, această populare fiind în raport cu condițiile de mediu. Într-o concepție modernă, K. Möbius analizează repartiția stridiilor. El introduce termenul de *biocenoză*, pentru a desemna o faună sau o floră echilibrată care trăiește într-o regiune sau un mediu dat. S.A. Forbes este de acord cu presupunerile lui Möbius și arată că există o comunitate de interese între predatori și victime.

Popularea insulelor a reținut atenția lui Darwin; endemismul deosebit al acestor populații i-a sugerat rolul important jucat de izolare în nașterea speciilor. Ipoteza privitoare la acțiunea izolării geografice, emisă de Bates (*The Naturalist on the Amazona*, 1863), va fi dezvoltată de Moritz Wagner[16], în *Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung* (1889). „Fără izolare nu există specie", scrie Wagner. În secolul al XX-lea, cercetările asupra speciilor vor fi importante și variate.

[16] La noi în țară, adepți ai teoriei segregației emise de Moritz Wagner au fost: Vasile Conta, E.G. Racoviță și R. Jeannel. — *C.M.*

Semnalăm, în sfîrşit, cîteva aspecte privind nomenclatura. Lankester (1899) foloseşte termenul de bionomie pentru a desemna un ansamblu de fapte care interesează biotopurile frecventate de animale, reproducerea animalelor şi studiul adaptărilor organice. În sfîrşit, Schröter şi Kirchner (1896—1902) împart ecologia în două părţi mari: *autoecologia*, care studiază relaţiile ecologice ale indivizilor, adică raporturile individului cu mediul, şi *sinecologia*, care examinează relaţiile ecologice ale comunităţilor de indivizi. Aceşti termeni sînt încă de actualitate.

La începutul secolului al XX-lea, ecologia este o ştiinţă foarte tînără, dar ea este bine stabilită şi numără deja specialişti eminenţi: Wasmann, Dahl, Wheeler; de aici înainte, dezvoltarea ei va fi rapidă.

G. STUDIEREA FAUNELOR MARINE ŞI LACUSTRE

Studierea faunei marine este una dintre caracteristicile zoologiei din secolul al XIX-lea.

Începînd din 1819, John Ross a semnalat, cu prilejul unei croaziere în golful Baffin (1817—1818), prezenţa animalelor pe fundul mărilor adînci (viermi la adîncimea de 1800 m şi stele-de-mare spre 720 m). Aceste semnalări au trecut mai mult sau mai puţin neobservate, deoarece, în 1847, s-a vorbit despre marea descoperire a lui J.C. Ross care a găsit, în cursul unei expediţii antarctice (1839—1840), animale la adîncimi de la 720 pînă la 1800 m.

Anumite expediţii maritime îndepărtate, mai cu seamă în Pacific, la care au participat naturalişti în scopul de a explora plajele şi a captura animale, au contribuit pe larg la aceste cercetări. Franţa a organizat o serie de asemenea expediţii în primele decenii ale secolului: „Geografia", „Naturalistul", cu participarea naturaliştilor Péron şi Lesueur; „Urania" şi „Fiziciana" (1817—1820), cu Quoy şi Gaimard; „Cochilia" (1822—1825), cu Lesson şi Garnot; „Astrolabe" (1826—1829), cu Quoy şi Gaimard; „Bonite" (1836—1837), cu Eydoux şi Souleyet; „Venus", „Astrolabe" şi „Zélé" (1837—1840), cu Hombron şi Jacquinot. Printre expediţiile din alte ţări notăm în special călătoria în jurul lumii a vasului „Beagle" (1831—1836), care a fost hotărîtoare pentru cariera ştiinţifică a lui Darwin, expediţiile făcute de J. D. Dana pe „Porpoise" (1836—1839), J.D. Hooker pe „Erebus" şi „Terror" (1839—1843), T.H. Huxley pe „Rattlesnake" (1846—1850) şi marile călătorii organizate de ruşi, sub conducerea lui Kotzebue[17].

La mijlocul secolului, o pleiadă de zoologi eminenţi se interesează în mod cu totul special de fauna marină. H. Milne-Edwards (1800—1885), care a publicat *Leçon d'anatomie et de physiologie comparées* (14 vol., 1847—1881), a dat împreună cu V. Audouin (1797—1841) un puternic impuls studiului faunei marine pe coastele Atlanticului şi ale Mediteranei. Trebuie să-i mai

[17] În cursul expediţiei vasului, „Belgica" (1897—1899), Racoviţă a pescuit animale la peste 4 000 m adîncime. — *C.M.*

citām, de asemenea, pe A. de Quatrefages (1810—1892) și H. de Lacaze—Duthiers (1821—1901) în Franța; Cavolini și S. delle Chiaje în Italia; E. Forbes, Wyville Thomson, John Murray și Th. Huxley în Anglia; M. Sars în Norvegia, J. Steenstrup în Danemarca, S. Loven în Suedia, P. J. van Beneden în Belgia, Joh. Müller și H. Rathke în Germania.

STAȚIUNI ZOOLOGICE ȘI LABORATOARE MARITIME. Această înflorire a studiilor privind fauna marină a fost favorizată, de asemenea, prin crearea, în diferite țări, pe litoral, a unor stațiuni zoologice care au permis un studiu aprofundat al faunei marine: anatomie comparată, embriogenie și diverse probleme de ordin general; existența lor a favorizat, în același timp, formarea unui mare număr de tineri zoologi.

Prima staţiune din lume a fost înființată de P.J. van Beneden la Ostende în 1843. În Franța, prima stațiune maritimă, fundată în 1859, de Coste la Concarneau, a fost urmată de numeroase altele: Roscoff (1871) și Banyuls (1881), înființată de Lacaze-Dutiers, Wimereux (1874), întemeiată de A. Giard, Marseille, Saint-Vaast-la-Hougue (E. Perrier, 1881), Arcachon (1883), Luc-sur-Mer (Y. Delage), Tamaris, Sète, Monaco, creată de suveranul acestui principat, prințul Albert I, Villefranche, Alger, Salambo etc. În Italia, importanța stațiunii din Napoli, înființată în 1874 de zoologul german Anton Dohrn (1840—1909), a jucat pe plan internațional un rol foarte fecund în diverse domenii ale zoologiei (sistematică, anatomie, fiziologie și embriologie). Primei stațiuni americane, întemeiată în 1873 de L. Agassiz pe malul insulei Penikese, i-a urmat în 1886 o mare staţiune amplasată la Woods Hole, loc ideal pe Cape Cod. În afară de importantul centru de cercetări creat la Plymouth (1881), alte stațiuni au fost situate pe coastele engleze, cum este cea de la Saint-Andrews în Scoția, creată de Mac Intosh. În Rusia, au fost organizate staţiuni la Sevastopol, pe malul Mării Negre, și la Murmansk, în Oceanul Arctic. Alte laboratoare maritime au fost stabilite în Spania (Santander), în Australia, în Japonia, pe coasta Annamului (Nha-Trang).

EXPLORĂRI MARINE. În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, cîmpul zoologiei marine s-a extins în mod considerabil ca urmare a explorării, în afară de fauna litoralului și a platoului continental, a faunei din marile adîncimi oceanice, pînă atunci necercetate. Prima hartă batimetrică a Atlanticului de nord a fost întocmită în 1854, de M. F. Maury, care se interesa și de biologia marină. Încă se mai credea că viaţa nu poate exista dincolo de adîncimi de ordinul a 600 pînă la 800 m. Dar descoperirea, în 1859, a animalelor fixate pe un cablu telegrafic ridicat în adîncimile Mediteranei (2160 m) a declanșat explorarea zonelor abisale. Această mișcare s-a manifestat la început mai cu seamă în Anglia, sub impulsul energic al lui Wyville Thomson (1830—1882). Croazierelor lui „Lightning“ (1868) și a lui „Porcupine“ (1869) în Atlanticul de nord i-a urmat marea expediție a lui „Challenger“. Această corabie a străbătut Atlanticul și Pacificul din 1873 și pînă în 1876, avînd la bord pe W. Thomson, J. Murray, H.N. Moseley și Willemoes-Suhn. Expediția a adus numeroase date referitoare la fundul oceanelor, precum și colecții considerabile.

Cele 50 de volume ale dărilor de seamă întocmite de expediţie au pus bazele oceanografiei (acest termen a fost creat, în 1912, de Forel).

Expediţii asemănătoare au fost întreprinse în diverse ţări: în Franţa, croazierele lui „Travailleur" şi „Talisman" (1881—1883), iar mai tîrziu, pe un plan mai modest, cea a lui „Caudan" (1894); în Statele Unite, cele ale lui „Blake" (1877—1880) şi „Albatros" (1899—1900), organizate de A. Agassiz. Germania figurează în acest domeniu cu expediţia vasului „Valdivia" (1899—1900), organizată şi condusă de K. Chun, Danemarca prin cea a ambarcaţiei „Ingolf" (1895—1896), Belgia prin cea a vasului „Belgica" (1897—1899) în Antarctica etc.[18].

Prinţul Albert I de Monaco a explorat fundurile mărilor la bordul navelor sale „Hirondelle" şi „Princesse-Alice" începînd din anul 1885. Materialele pe care le-a cules el, adunate la Muzeul oceanografic din Monaco, au constituit obiectul a numeroase şi importante monografii.

La limita extremă a secolului al XIX-lea se situează importanta expediţie olandeză a lui „Siboga", organizată de Max Weber şi care a prospectat fundurile marine din arhipelagul Malaiez.

PLANCTONUL. Un alt aspect al biologiei marine urma să atragă atenţia; în 1828, Vaughan Thompson, purtînd o plasă fină la suprafaţa Mării Irlandei, captura nişte organisme microscopice plutitoare. Descoperiri analoge au fost făcute de Ehrenberg şi J. Müller, apoi Lilljeborg (1853) şi Sars. Această faună şi această floră plutitoare, fie la suprafaţa mărilor, fie la niveluri mai mult sau mai puţin profunde, constituie *planctonul* (termen datorat lui Hensen, 1887). Activitatea susţinută a staţiunilor maritime urma să îmbogăţească în scurt timp cunoştinţele asupra acestei faune pelagice.

Ea cuprinde forme adulte transparente aparţinînd fie celenteratelor, ca meduzele şi sifonoforele, forme coloniale cu indivizi polimorfi, ca tunicierii, sau ca salpele, pirosomele fosforescente[19] şi cele din genul *Doliolum*.

Dar principalul element al planctonului îl constituie organismele mai mult sau mai puţin microscopice care reprezintă, alături de tipurile adulte, numeroase forme care sînt stadiile larvare ale adulţilor ce trăiesc la fund. Studierea unor asemenea forme prezintă un mare interes pentru zoologi. Acestor elemente de natură animală li se adaugă altele de natură vegetală (alge microscopice, mai cu seamă diatomee).

[18] Mai trebuie menţionate expediţiile ruseşti în Marea Neagră, făcute de Andrussov şi Ostroumov (1890), Spindler (1891), Nikitin (1931) etc. La noi, I. Borcea s-a ocupat de cercetarea Mării Negre. — *C.M.*

[19] Fosforescenţa sau luminescenţa este o proprietate pe care o posedă destul de numeroase organisme pelagice (în special *Noctiluca*,, protozoar din grupul flagelatelor) şi diverse animale marine care trăiesc la fund, cum sînt unele specii de *Pholade* precum şi animale de uscat, în special insecte. Mecanismul fizico-chimic al fosforescenţei la folade a fost bine studiat de R. Dubois; el a demonstrat că fenomenul de luminescenţă se produce ca urmare a acţiunii unui ferment diastazic (luciferaza) asupra unui produs al secreţiei glandulare (luciferina). Luminescenţa a fost studiată, îndeosebi între 1870 şi 1899, la diverse animale de Panceri, Bell, Packard, Beddard...

O mare expediţie, „Plancton-Expedition“ (1889) pe „National“, a fost organizată de un grup de zoologi germani, pentru studierea acestei faune.

Indicaţiile precedente demonstrează importanţa şi fecunditatea studiilor de biologie marină realizate în secolul al XIX-lea. Această activitate a fost favorizată prin progresele microscopiei şi prin concepţia generală a evoluţiei care a coordonat faptele observate şi a conferit anatomiei comparate şi embriogenezei o valoare şi un sens nou şi deosebit de sugestiv.

FAUNĂ LACUSTRĂ ŞI LIMNOLOGIE. Începînd din 1850, Simony observase stratificările termice în apele lacurilor. Forel este însă, prin studiul său asupra faunei lacului Leman (1869), adevăratul fondator al limnologiei (el a creat acest termen în 1892). În 1870, danezul P.E. Müller descoperea fauna planctonică lacustră. Cercetările de limnologie ale lui Weismann încep în 1877, cele ale lui Plessis-Gouret, în 1885. Anton Frisch a creat prima staţiune biologică de apă dulce în Boemia. Explorarea Lacului Superior a fost întreprinsă în 1871 de S.I. Smith. Patru publicaţii importante de la sfîrşitul secolului al XIX-lea demonstrează înflorirea limnologiei: *Le lac Léman* (1892—1895), a lui Forel, *The lake as a microcosmos* (1887), a lui Forbes, *Das Leben der Binnengewässer* (1899), a lui Lampert, şi o revistă de lucrări recente (1899), a lui Ward.

H. ZOOGEOGRAFIA

Lucrarea *Die geographische Verbreitung der Thiere*, publicată în 1853 de L. Schmarda de la Universitatea din Gratz, oferă o excelentă sinteză a geografiei animale din secolul al XVIII-lea şi din prima jumătate a secolului al XIX-lea. Ea expune modalităţile şi cauzele răspîndirii animalelor şi discută acţiunea diverşilor factori (căldură, lumină, aer, electricitate, climă, cicluri sezoniere, alimentaţie, natura solului, altitudine... etc.) asupra repartiţiei animale. Sînt semnalate deja specii avînd caracteristici compensatoare. Autorul abordează noţiunea de regiuni zoologice şi deosebeşte 21 de regiuni continentale şi 10 regiuni marine, caracterizate prin animale alese, uneori, oarecum la întîmplare.

Delimitarea diverselor provincii faunistice preocupă spiritele; P.L. Sclater (1858) încearcă o asemenea delimitare în distribuţia păsărilor, iar A. Günther (1858), în raport cu răspîndirea reptilelor.

Apariţia *Originii speciilor* a lui Darwin (1859) determină o schimbare totală în orientarea lucrărilor. Darwin a fost puternic impresionat de felul în care sînt răspîndite animalele pe continente şi pe insule. De aici înainte, era descriptivă este încheiată; atenţia se va îndrepta mai mult spre interpretarea şi discutarea fenomenelor în perspectiva distribuţiei animalelor. A.R.Wallace, care a trăit mulţi ani în regiunile tropicale, a fost şi el foarte interesat de problema răspîndirii geografice a faunei. Din 1860 şi pînă în 1876, el a elaborat un studiu important: *The geographical Distribution of Animals* (2 vol.), o lucrare mult depăşită astăzi, ca urmare a transformărilor survenite în taxonomie, a noilor

date din domeniul paleontologiei și a dezvoltării ecologiei. Un alt volum al lui Wallace, *Island Life* (1880), și-a păstrat însă mai mult actualitatea. De-a lungul acestor ani, ideile lui Wallace au predominat.

În 1868, T. H. Huxley a propus gruparea regiunilor zoologice în trei zone mari, pe care un anonim le-a numit: *arctogaea* (regiunile palearctică, nearctică, orientală și etiopiană), *neogaea* (regiunea neotropicală) și *notogaea* (Australia). Heilprin (1887) a introdus o zonă holoarctică, reunind regiunile palearctică și nearctică. Această schemă corespunde, în liniile sale mari, cu împărțirile adoptate în lucrările moderne.

Secolul al XIX-lea vede, de asemenea, apărînd acele ipotetice continente-punți-de-trecere, susceptibile de a permite explicarea asemănărilor de faună din continentele astăzi separate și chiar foarte distanțate unele de altele. Asemănările observate între fauna din sudul Angliei și cea din Irlanda, Spania, Portugalia îl incită pe E. Forbes (1846) să emită ipoteza existenței unui continent care ar fi fost dispus de-a curmezișul Atlanticului. Și existența altor continente în diferite oceane a fost presupusă, de pildă, renumitul „continent Gondwana" (Marcou, E. Suess etc.), a cărui inexistență a fost dovedită prin lucrări recente, sau un vast continent antarctic care ar fi reunit alte continente și Noua Zeelandă (J.D. Hooker, T.H. Huxley, 1870).

Mai trebuie citate lucrările lui C.H. Merriam referitoare la studiul biologic al continentelor (1890—1898). Elaborînd o teorie referitoare la zonele vitale și condițiile minimale și maximale compatibile cu viața, Merriam considera că există o corespondență între diversele altitudini și zonele climatice continentale. Această teorie va fi criticată în secolul al XX-lea și va forma obiectul unor noi cercetări.

Anterior, în *Ansichten der Natur* (1808) și în *Kosmos* (1854), A. von Humboldt se preocupase de ariile susceptibile de a fi populate ca urmare a condițiilor de mediu. K. Semper tratează aceeași problemă în *Die Natürlichen Existenzbedingungen des Thieren* (1880). Într-un studiu de paleoclimatologie aplicată la geografia animală *(Ueber Tundren und Steppen der Jezt- und Vorzseit* (1890), A. Nehring analizează compoziția faunei actuale și fosile din tundre și stepe, precum și influența înaintărilor și retragerilor ghețarilor continentali în pleistocen.

În afară de lucrarea lui Schmarda, menționată anterior, răspîndirea geografică a animalelor a constituit obiectul mai multor lucrări de ansamblu, cum sînt cele ale lui C.L. Rütimeyer (*Über die Herkunft unserer Thierwelt*, 1867), A. Heilprin (*The geographical and geological Distribution of Animals*, 1887) și A.E. Ortmann (*Grundzüge der marinen Thiergeographie*, 1896).

■

Paginile precedente demonstrează progresul considerabil și expansiunea enormă pe care le-a cunoscut zoologia în cursul secolului al XIX-lea. Progresele vor continua, într-un mod nu mai puțin spectacular, în prima jumătate

a secolului al XX-lea, caracterizat mai cu seamă prin transferarea pe plan experimental a majorității problemelor abordate pînă atunci numai pe calea simplei observații descriptive.

Această expansiune prodigioasă a avut drept consecință o specializare obligatorie a zoologilor. Pe de altă parte, sinteza cunoștințelor dobîndite solicită acum colaborarea a numeroși autori; acest fapt era evident la sfîrșitul secolului al XIX-lea. Explicarea lui concretă rezidă în publicarea, în acel timp, a unei vaste enciclopedii zoologice în limba germană, *Brown's Klassen und Ordnungen der Tierreichs*. Totuși, zoologia va continua să fie, în ansamblul ei, o știință cu un obiectiv definit, a cărui actualitate și al cărui interes se vor afirma tot mai mult.

CAPITOLUL III
Botanica

A. MORFOLOGIA GENERALĂ

Acest domeniu al botanicii, deseori strîns legat de cercetările asupra celulei, capătă o dezvoltare uriașă în secolul al XIX-lea și contribuie mult la conturarea lui.

Brisseau de Mirbel deschide calea, în 1802, prin publicarea celebrului său *Traité d'anatomie et de physiologie végétales*. Cu reprezentanți ca Treviranus, Moldenhawer, Bernhardi, morfologia se impune în curînd. Ea va fi ilustrată de o pleiadă de savanți geniali, mai cu seamă germani: Schimper, Braun și în special Mohl, Schleiden, Hofmeister, Naegeli, Bary, Sachs, Strasburger, Goebel...

Concepția lui Goethe — creator al însuși termenului de morfologie — se înscrie în mod foarte firesc în cadrul gîndirii idealiste și antimecaniciste care înflorește în Germania la începutul secolului al XIX-lea. Cîteva mari teorii se nasc în această perioadă sub influența „Filozofiei naturii": teoria metamorfozei (Goethe), teoria spiralei generatoare (Schimper și Braun).

FILOTAXIA. Filotaxia, dispunerea frunzelor — și, prin extindere, cea a ramificărilor — desemnează unul dintre aspectele fundamentale ale formei și ale structurii; ea ține de organografie și de embriologie. La nivelul unui nod, frunzele sînt opuse sau verticilate, ori cel mai adesea, izolate. În acest ultim caz, vîrsta relativă a fiecărei frunze poate fi determinată cu ușurință, cea mai bătrînă fiind cea care ocupă poziția inferioară pe o ramură dată. Trasînd o linie pe tulpină, de la o frunză la alta, se descrie o spirală; în proiecție pe un plan, două frunze succesive se găsesc separate printr-un anumit unghi care este de cel mult 180°: *spirala generatoare* și *divergența*, acestea sînt cele două noțiuni fundamentale ale teoriei clasice stabilite de K.F. Schimper și A. Braun, către 1830. Dacă, de exemplu, trebuie să se înconjure de două ori tulpina pentru ca a șasea frunză să se găsească deasupra celei dintîi, se vorbește despre tipul 2/5 (două tururi, 5 frunze), fracție care exprimă, de asemenea, unghiul de divergență, 72°. Aceste legi matematice, perfecționate de L. și A. Bravais (1837, 1839), au fost de atunci încoace curent utilizate în morfologia descriptivă.

O cale deosebit de fecundă a fost deschisă prin cercetările lui Hofmeister şi Schwendener asupra determinismului poziţiei frunzelor pe tulpină, precum şi asupra unor aspecte privind funcţionarea mugurilor. Teoriile mecaniciste ale acestor autori, deşi foarte nesatisfăcătoare, au fost deosebit de utile pentru cercetările moderne, fie doar ca ipoteză de lucru. Începînd din 1868, Hofmeister a formulat primul mare principiu în acest domeniu: toate frunzele se nasc în cel mai mare spaţiu liber dintre ultimele frunze anterior formate. În această regiune, crede Hofmeister, pereţii celulari au o elasticitate maximă. S. Schwendener va face apel, dimpotrivă, la o noţiune de presiune: frunza tînără va apărea acolo unde presiunea ce rezultă din ultimele emergenţe ale frunzelor va fi minimă.

TEORIA FLORII. Teoria spiralei generatoare purcede iniţial de la „Filozofia naturii" şi de la ideile lui Goethe. Tot prin Goethe îşi află conturarea o teorie nu mai puţin clasică referitoare la floare. Spirala generatoare se prelungeşte în floare pînă la stamine, purtătoare de spori masculini, şi pînă la carpele, purtătoare ale sporilor feminini: staminele şi carpelele reprezintă frunze florale sporogene sau sporofile. Această teorie a metamorfozei a căpătat un fundament ştiinţific prin cercetările anatomice ale lui Ph. Van Tieghem (1871): tulpina, frunza, rădăcina erau pentru A. Braun nişte entităţi absolut ireductibile; Van Tieghem adoptă această concepţie pe care cercetările ulterioare nu o vor confirma, cel puţin nu într-o formă atît de rigidă. Meritul de a fi creat un climat favorabil concepţiilor unitare îi revine lui K. Goebel, care nu vede nici o diferenţă esenţială între tulpină şi frunză.

STRUCTURA ŞI DEZVOLTAREA ŢESUTURILOR. Lupta împotriva „Filozofiei naturii" s-a dezvoltat pe toate fronturile cercetării ştiinţifice. La început, ea este condusă de Hugo von Mohl unul dintre marii anatomişti ai secolului. Deşi limitate la planta adultă, cercetările sale îl conduc la rezultate de primă însemnătate cu privire la natura celulară a vaselor (1831), structura şi creşterea în grosime a pereţilor celulari, anatomia comparată a tulpinii la monocotiledonate şi dicotiledonate, structura scoarţei şi a epidermelor.

O dată cu Schleiden (1838), Naegeli (1842), Hofmeister (1849, 1851, 1867), se deschid perspective imense, accentul este pus pe istoria dezvoltării. Schleiden se arată a fi mai polemic şi joacă un rol considerabil prin critica sa; el expune, în *Grundzüge der Botanik* (1842), principiile metodologice ale viitorului imediat.

Cercetările lui Naegeli asupra meristemului — termen care i se datorează lui — la alge, muşchi şi ferige, precum şi asupra legilor segmentării apicale, asupra structurii şi creşterii pereţilor celulari reprezintă achiziţii capitale ale biologiei. Prin meristem, Naegeli desemnează regiunile embrionare caracterizate prin capacitatea celulelor de a se divide în mod activ (vîrful sau apexul tulpinilor, în interiorul mugurilor). Naegeli, care îşi fundamentase concepţia pe studierea criptogamelor, consideră că în orice meristem există o

celulă apicală, axială, primordială, din care purced, prin diviziuni succesive, toate celulele din tulpină și frunze. Această teorie, adoptată de Hofmeister (1851, 1857), s-a dovedit a fi necorespunzătoare în cazul fanerogamelor, după cum a rezultat din lucrările lui Schwendener și mai cu seamă ale lui Hanstein (1868, 1870). Hanstein a propus, pentru plantele superioare, o teorie nouă, zisă histogenă, potrivit căreia nu ar exista o singură celulă apicală inițială, ci trei, fiecare dintre aceste celule inițiale axiale dînd, prin diviziune, trei foițe sau histogene și fiecare histogen urmînd să constituie părți definite ale plantei. Lui L. Koch (1891) îi revine meritul de a fi relevat aspecte noi în organizarea meristemelor la gimnosperme și de a fi condus cercetarea spre concepțiile moderne.

Teoria micelară a lui Naegeli referitoare la structura moleculară a pereților celulari rămîne ca o prefigurare temerară a ceea ce au evidențiat studiile recente făcute cu ajutorul microscopului electronic. Naegeli susține că pereții celulelor constitutive ale lemnului ar fi formate din mici blocuri de celuloză, micele, dispuse asemănător modului în care sînt așezate cărămizile unui zid și ar fi legate între ele printr-o substanță complexă pe bază de lignină; spațiile intermicelare ar putea să se hidrateze, să se umfle, ceea ce nu se poate întîmpla cu micelele. Naegeli explica în felul acesta coexistența regiunilor amorfe și cristaline în pereții celulelor, precum și fenomenele de dilatare și de strîngere a lemnului, mult mai importante în direcția transversală decît în cea longitudinală, micelele fiind alungite în sensul axei celei mai mari a celulei.

Hofmeister a jucat un rol și mai important, și aceasta, după cum se va vedea, în direcții numeroase. Deși, prin amploarea, noutatea și perspicacitatea vederilor sale, el s-a lovit uneori de marii săi contemporani, Schleiden, Braun, chiar Naegeli, principalele sale lucrări (*Vergleichende Untersuchung der Keimung*, 1851; *Allgemeine Morphologie*, 1867) sînt adevărate chei de boltă ale botanicii.

Tot autori germani sînt și cei care publică lucrările cele mai importante la sfîrșitul secolului: J. Sachs (1874), Eichler (*Bluethendiagramme*, 1875—1878), A. de Bary (*Vergleichende Anatomie*, 1877), H. von Vöchting (1878), G. Haberlandt (*Physiologische Pflanzenanatomie*, 1884), E. Strasburger (1894), K. Goebel (*Organographie der Pflanzen*, 1898).

Printre alți autori francezi, trebuie citați J.B. Payer (*Organogénie de la fleur*, 1852) și Ph. Van Tieghem (1884). Lucrările lui Van Tieghem asupra structurii plantelor, în special formularea lui referitoare la teoria stelului, au fost de o însemnătate primordială, în special în analiza structurii pteridofitelor. Această teorie a fost reluată și dezvoltată de americanul E.C. Jeffrey. O foarte importantă contribuție franceză a fost adusă în domeniul paleobotanicii, mai cu seamă de către Adolphe Brongniart, Bertrand Renault, F.C. Grand'Eury, R. Zeiller, Saporta, C.E. Bertrand, O. Lignier, dar această disciplină a avut reprezentanți distinși și în alte țări: F. Unger, J.H.R. Goeppert, H. Solms-Laubach, W.C. Williamson.

B. CLASIFICAREA NATURALĂ. SISTEMATICA FLOREI DE PE GLOB

Teoria lui Darwin şi Wallace a avut cele mai profunde repercusiuni asupra clasificării plantelor. Dintr-o dată, speciile, genurile, familiile, în general *taxonii* de ranguri diferite pe care se străduiesc să le descopere sistematicienii, au căpătat un sens profund şi obiectiv, un sens cu adevărat ştiinţific. Clasificarea nu i se mai opunea evoluţiei, ea devenea o expresie a acesteia.

Trebuie să menţionăm totuşi faptul că sistematica nu a aşteptat darvinismul pentru a exista, dar ea nu a încetat să se amelioreze în strînsă legătură cu studiile analitice asupra constituţiei, dezvoltării, sexualităţii organismelor. Instaurarea teoriei celulare, crearea teoriei sexualităţii vegetale şi a alternanţei generaţiilor — între anii 1820 şi 1855 — au avut efecte decisive asupra noilor concepţii taxonomice. Trebuie să subliniem în mod deosebit că cercetările esenţiale ale lui Hofmeister — care stabileşte unitatea de structură a arhegoniatelor şi a fanerogamelor (muşchi, ferigi, gimnosperme, angiosperme) — ale lui Schleiden, Naegeli, Tulasne, cercetări care arată, toate, importanţa primordială a embriologiei şi a dezvoltării, au precedat — şi, în oarecare măsură, au prevestit — revoluţia darvinistă.

Este necesar să remarcăm, de asemenea, oricît de paradoxal ar părea acest lucru, că darvinismul nu a fost urmat de consecinţe imediate în sistematică. Acest domeniu reprezintă, într-adevăr, un aparat greoi, înzestrat cu o inerţie uriaşă, şi care poate fi eronat la nivelul marilor sale dicotomii, fără a comporta totuşi inconveniente practice: sistemul lui Linné şi cel al lui Fries, deşi artificiale, îşi păstrează o valoare considerabilă în ştiinţa contemporană. Trebuie să se deosebească, pe de o parte, denumirea şi descrierea speciilor şi a genurilor, taxoni ai ierarhiei inferioare, şi, pe de altă parte, cercetarea unui sistem de ansamblu cu dicotomiile sale succesive, începînd de la unitatea superioară a lumii vii. Aceste aspecte, condiţionate prin ritmul accelerat al explorării şi prin progresul ştiinţei experimentale, mai cu seamă al tehnicii microscopice, au fost abordate în mod activ în decursul secolului al XIX-lea. Acest efort a permis publicarea a foarte multe lucrări asupra florei de pe glob: între anii 1789 şi 1850, au fost descrise aproximativ 72 000 de specii noi, iar numărul total al speciilor cunoscute se ridică la 92 000. Între 1825 şi 1845 între *Classes plantarum* a lui C.A. Agardh şi ultimele remanieri aduse sistemului lui Lindley au fost propuse peste douăzeci de sisteme, putîndu-se vorbi despre o adevărată „paradă a sistemelor".

1. Limitele unei clasificări a regnului vegetal şi în special a fanerogamelor

A. L. DE JUSSIEU ŞI ÎNCEPUTUL SECOLULUI AL XIX-LEA. Metoda naturală prezentată în *Genera plantarum* de către A.L. de Jussieu (1789), prima în felul ei, a exercitat o influenţă considerabilă în decursul primei jumătăţi a secolului. Ea se întemeiază, în principal, pe un ansamblu de caractere stabilite pen-

tru diferite părți ale plantei și subordonate unele altora. Luate în mod izolat, aceste caractere nu au poate nimic original, dar *evaluarea taxonomică* a lor tinde — pentru prima dată — spre o coordonare a familiilor și a genurilor în funcție de raporturile lor naturale, acțiune de care se speriase Linné. Sistemul lui Jussieu se întemeiază pe cel al lui Tournefort, care era axat pe criteriul corolei, dar el mai introduce considerarea cotiledoanelor recunoscută de Ray, precum și cea a poziției relative a corolei sau a staminelor în raport cu pistilul: hipoginie (corole sau stamine inserate deasupra ovarului), epiginie (corolă sau stamine inserate pe ovar), periginie (corolă sau stamine inserate în jurul ovarului). Cu ajutorul acestor criterii, Jussieu elaborează un sistem cuprinzînd 15 clase, cel mai adesea foarte artificiale, și 100 de ordine (de fapt, familii).

În ansamblu, sistemul lui Jussieu deschidea calea taxonomiei moderne, dar, după cum observă Sachs, el le atribuie cotiledoanelor o valoare superioară față de cea pe care o au ele în realitate. Jussieu nu vedea o diferență mai mare între o ciupercă (acotiledonată) și un crin decît între această din urmă plantă și o gălbenea *(Ranunculus)*. Savanții epocii aveau tendința supărătoare, de altfel mai puțin vădită la Jussieu decît la alții, de a le conferi criptogamelor caracterele cunoscute la plantele cu flori, și de a nu vedea nici o deosebire esențială între aceste grupuri.

AUG. P. DE CANDOLLE ȘI R. BROWN. O dată cu marele savant scoțian Robert Brown (1773—1858), clasificarea progresează într-un mod foarte serios. Naturalist al expediției „Flinders" în Australia (1801), el a petrecut mai mulți ani în acest continent și s-a înapoiat cu o vastă colecție (4000 de specii, dintre care majoritatea noi pentru știință). Începînd din 1810 *(Prodromus Florae Novae Hollandiae)*, el a conceput un sistem întrucîtva diferit de cel al lui Jussieu,. dar descoperirea sa principală este aceea privind caracterul esențial al gimnospermelor, și anume faptul că ovulele sînt dezvelite, caracter de care vor face uz Hofmeister și Brongniart. Tot lui Brown i se datorează studii foarte importante asupra mai multor familii: asclepiadacee, euforbiacee, orhidacee la care stabilește 40 de genuri, graminee.

Anul 1813 marchează o dată importantă în istoria taxonomiei, prin apariția a două lucrări importante, una aparținînd algologului Lamouroux, alta lui Augustin P. de Candolle și intitulată *Théorie élémentaire de la botanique*.

Elev al lui Desfontaines, Candolle (1778—1841) a devenit cunoscut prin pregătirea unei a treia ediții din *Flore française* a lui Lamarck. Lucrarea sa, *Théorie élémentaire*, este o carte importantă, în care sînt expuse magistral, pentru prima dată, principiile clasificării, ceea ce Candolle desemnează prin numele — care va persista — de taxonomie. El propune un sistem oarecum apropiat de cel al lui Jussieu, dar în care sînt prezentate un număr mult mai mare de familii: 161 în ediția din 1819, 213 în ultima ediție (1844). Unul dintre aspectele inedite ale acestui sistem este introducerea caracterelor anatomice: există plante vasculare și altele, zise celulare (mușchi și hepatice, alge și ciuperci); plantele vasculare includ plantele exogene (cu vasele dispuse în stra-

turi concentrice) sau dicotiledonate, şi plantele endogene (cu vasele dispuse în fascicule) sau monocotiledonate. În gruparea familiilor, autorul utilizează în principal poziţia şi caracterul petalelor şi distinge talamiflorele (cu petale distincte şi hipoginice), calciflorele (cu petale peri- sau epiginice), şi coroliflorele (cu petale lipite şi hipoginice).

Sistemul lui De Candolle îl îmbunătăţeşte considerabil pe cel al lui Jussieu, totuşi prezintă deficienţe serioase. Însuşi autorul său recunoaşte că nu este vorba decît de un „eşafodaj mai mult sau mai puţin iscusit" pentru a ajunge la ţel, care este, după părerea lui, „studierea simetriei proprii fiecărei familii şi a raporturilor dintre aceste familii". Dar De Candolle nu a fost numai teoreticianul clasificării. Propunîndu-şi să elaboreze o vastă lucrare de ansamblu asupra tuturor speciilor cunoscute, el a întocmit primele 7 volume ale faimosului *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, a cărui publicare a început-o în 1824. După moartea sa, în 1841, fiul său, Alphonse Pyrame (1806—1893), va prelua conducerea publicării şi, în colaborare cu numeroşi specialişti, o va duce la bun sfîrşit în 1873. Această operă, care reprezintă 17 volume, se va prelungi sub forma de *Monographiae phanerogamarum*, enciclopedie publicată de Alphonse de Candolle şi fiul său Casimir (9 vol., 1879—1891).

„PARADA SISTEMELOR". Sistemul lui Candolle, strîns legat de opera sa enciclopedică, operă de bază la care se fac neîncetat referiri, nu putea să nu facă epocă.

În cadrul „paradei sistemelor" care a urmat, se desprind trei opere, semnate de Endlicher, Adolphe Brongniart şi Lindley. Botanistul vienez S. Endlicher a publicat lucrarea *Genera plantarum* (1836—1840) a cărei influenţă a fost considerabilă. El a împărţit regnul vegetal în talofite (alge, licheni, ciuperci) şi cormofite (muşchi, ferigi, plante cu flori). Sistemul coniferelor pe care l-a elaborat (1847) şi în care a inclus gnetaceele şi arborele gingko, marchează o dată importantă.

O dată cu Brongniart, accentul este pus pe deosebirea dintre fanerogame, sau plante cu flori, şi criptogame, iar Grădina botanică a muzeului este replantată potrivit acestei scheme, în 1843. Pe de altă parte, Brongniart suprimă apetalele lui Jussieu, pe care le consideră drept polipetale imperfecte, şi subliniază utilitatea caracterelor datorate albumenului. În multe alte privinţe, de exemplu în studiul său asupra gimnospermelor, sau în clasificarea ciupercilor, el a schiţat anumite orientări care se vor confirma, dar concepţiile sale nu vor fi totdeauna scutite de erori şi de artificial.

John Lindley (1799—1865) este autorul unei lucrări celebre asupra teoriei şi practicii horticole. Începînd din 1830, precum şi în lucrarea *The vegetable Kingdom* care a apărut în mai multe ediţii (1846, 1847, 1853), el a propus un sistem al cărui merit principal pare a fi acela de a fi reuşit să răstoarne sistemul lui Linné utilizat pînă atunci în Anglia. Criptogamele sînt însă prezentate ca nişte plante asexuate şi sistemul în ansamblul său este destul de puţin satisfăcător.

„GENERA PLANTARUM" A LUI BENTHAM ŞI HOOKER. Între 1862 şi 1883 apare *Genera plantarum* (3 vol.) a lui Bentham şi Hooker. Deşi publicată după *Originea speciilor*, ea se leagă, prin spiritul său, de perioada anterioară. George Bentham (1800—1884), principalul autor, a rezistat timp îndelungat, dacă nu chiar în mod definitiv, concepţiilor darviniste şi a făcut să precumpănească vederile sale asupra acelora ale lui Hooker, darvinist de la început. Bentham publicase deja numeroase lucrări, un manual asupra florei britanice, monografii asupra unor familii. El scrie *Flora australiensis* (7 vol., 1863—1878). De altfel, tocmai elaborînd monografiile sale asupra familiilor pentru *Prodromul* lui Candolle, a resimţit necesitatea de a scrie *Genera plantarum*, întrucît genurile erau pe atunci prost definite. El a început, în 1857, în colaborare cu Hooker, această lucrare considerabilă, pe care avea să o continue timp de un sfert de secol.

Joseph Dalton Hooker (1817—1911), fiul lui William Hooker, primul director al Grădinilor din Kew, este unul dintre cei mai mari sistematicieni cunoscuţi. El şi-a legat numele de numeroase publicaţii de însemnătate primordială, mai cu seamă de următoarele trei: *The Antarctica Flora* (6 vol., 1844—1860) — 3000 de specii descrise, dintre care 1095 desenate în 530 de planşe; *The Flora of British India* (7 vol., 1872—1897) — 16 000 de specii descrise; *Index Kewensis*. În calitate de călător, sistematician şi biograf, el s-a situat în micul grup al unor savanţi de prim rang, pionieri ai darvinismului, ca Lyell şi Huxley.

Genera plantarum nu se ocupă decît de fanerogame, al căror inventar, la acea epocă, era de 97 000 de specii, şi diferă destul de mult în ceea ce priveşte sistemul de cel al lui Candolle. Sistemul cuprinde trei mari diviziuni: dicotiledonate, gimnosperme şi monocotiledonate. Dicotiledonatele sînt împărţite în polipetale (1. talamiflore; 2. disciflore; 3. caliciflore); gamopetale (1. ovar infer; 2. ovar super, mai mult de două carpele; 3. ovar super, două carpele) şi monoclamidee (apetale). Criteriul disciflorelor (receptacul formînd un disc), la un întreg ansamblu de familii (rutacee, geraniacee, anacardiacee etc.), este nou şi interesant; de notat o mare deficienţă, totuşi: locul gimnospermelor nu este elucidat.

SISTEMELE FILOGENETICE. Perioada modernă începe cu publicaţiile lui A.W.E. Eichler (1839—1887), A. Engler (1844—1930) şi K. Prantl. Cele ale lui Eichler, pătrunse toate de ideea evoluţiei, impulsionează marea operă a lui Engler. Eichler distinge criptogamele (talofite: alge şi ciuperci; briofite: muşchi şi hepatice. pteridofite: ecvizetacee, licopodine, filicine) şi fanerogamele (angiosperme şi gimnosperme). Pentru Eichler, plantele cele mai complexe ca organizare sînt şi cele mai evoluate, apetalele făcînd parte dintre plantele primitive. Această schemă este reluată de Engler şi noua lui versiune nu diferă de aceasta din urmă decît prin anumite detalii. Ca şi Eichler, Engler admite că cele mai primitive plante cu flori sînt monocotiledonatele şi dicotiledonatele lipsite de petale şi cu structuri simple, cu flori mici, unisexuate, cu polenizare prin vînt (anemofile).

Angiospermele ar proveni din gimnosperme dispărute, pe care le evocă, încă, prin anumite caractere arhaice, amentiferele și pandanus: amentiferele (alun, carpen, nuc etc.) au flori simple și mițișori care se aseamănă cu strobilii (conurile) gimnospermelor. Evoluția se va manifesta deci prin apariția periantului, apoi prin fuzionarea părților sale componente. În ceea ce privește placentația, adică modul în care sînt așezate ovulele în ovar, sensul evoluției ar fi de la placentația axilară la placentația parietală, apoi la placentația centrală liberă.

Engler distinge, în primul rînd, printre dicotiledonate, arhiclamideele (fără periant, sau doar cu un caliciu, ori cu un caliciu și cu petale libere) și metaclamideele (petale sudate și caliciu). Se observă că accentul este pus pe noțiunile de apetalie, de coripetalie și de simpetalie, mult mai mult decît pe cele de hipo-, peri- și epiginie.

Engler apreciază că ansamblul angiospermelor nu se mai prezintă astăzi decît sub forma unor serii evolutive discontinue și izolate, mai mult sau mai puțin lungi.

Profesor la Universitatea din Berlin și director al Grădinii botanice (între 1889 și 1921), Engler a publicat, în colaborare cu Prantl, cea mai vastă sinteză a regnului vegetal ce ar putea fi imaginată: *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (20 vol., 1887—1915). Opera lui a fost continuată la începutul secolului al XX-lea și este marcată de apariția altor opere fundamentale: *Das Pflanzenreich*; *Syllabus der Pflanzenfamilien*, care a cunoscut 11 ediții, dintre care ultimele două au fost revăzute, în mod succesiv, de către E. Gilg și L. Diels (1924, 1926). Se poate afirma că această lucrare este fundamentală pentru laboratoarele de sistematică din întreaga lume: este un titlu de bază în literatura de specialitate și reprezintă de asemenea schema esențială în clasificarea marilor ierbare.

Ar fi nedrept să nu citățm și opera francezului H. Baillon, care a publicat o *Histoire des plantes* (13 vol., 1867—1895). Această importantă lucrare clasică, apărută într-o ediție engleză neterminată, este valoroasă prin calitatea analizelor sale morfologice și în special a ilustrațiilor sale.

2. Sistematica criptogamelor

CIUPERCILE. S-ar putea spune că olandezul C.H. Persoon (1755—1837) a fost, în același timp, un Jussieu și un Linné al micologiei. Nu numai că el a introdus termenul de micologie, dar a și publicat prima mare clasificare a ciupercilor, *Synopsis Methodica Fungorum* (1801), lucrare oficial admisă ca punct de plecare în nomenclatura mai multor grupe mari (uredinale, ustilaginale, gasteromicete). Majoritatea dintre cele 71 de genuri pe care el le-a stabilit au fost pînă în prezent păstrate.

Începînd din 1787, austriacul J. Hedwig a stabilit că sporii ciupercii denumite urechea-babei *(Peziza aurantia)* sînt produși în niște săculeți, alungiți, *teci* (sinonime cu ascele). Persoon presupune că toate ciupercile au un aparat sporifer cu teci și, întemeindu-se pe modalitatea lor de a produce fructe, el le

împarte în două clase: angiocarpe, cu fructele închise, și gimnocarpe, la care tecile sînt adunate pe un receptacul deschis, himeniu. Persoon a pus accentul pe valoarea taxonomică a himeniului și este primul care a recunoscut, în 1818, unitatea naturală a uredinalelor.

Pentru macromicete, era nomenclaturii moderne începe cu *Systema mycologicum* (1821—1823) a marelui savant suedez E. Fries (1794—1878). Ordonator al micologiei, Fries a publicat, de asemenea, începînd din 1857, lucrări remarcabile asupra himenomicetelor din Suedia și din restul Europei.

Lui F. M. Ascherson și mai cu seamă francezului J.H. Léveillé (1796—1870) li se datorează o contribuție de prim plan. În 1836, Ascherson descoperă, cu prilejul unui studiu asupra unui mare număr de ciuperci, bazidiile (denumire dată de Léveillé); el le descrie caracteristicile: producerea a 4 spori, nu în asce, ci pe mici pedunculi externi. În anul următor apare lucrarea lui Léveillé asupra *himeniului*, rod al unui efort de doisprezece ani: o vastă separare este recunoscută pentru prima dată: *bazidiospori* (bazidiomicete) și *tecospori* (ascomicete), teci și spori endogeni la unii, bazidii cu spori exogeni la ceilalți. O dată cu Léveillé, histologia își ocupă locul în cadrul sistematicii.

Dar acest impuls dat în Franța nu este izolat. În Marea Britanie, lucrările lui M.J. Berkeley asupra bazidiilor, iar în Cehoslovacia cele ale lui A.C.J. Corda în domeniul microscopiei au exercitat o mare influență; Berkeley și Corda au descris mii de specii. În a doua jumătate a secolului, lucrările de histologie asupra bazidiilor (Tulasne, Patouillard, Van Tieghem) și asupra ascelor (Tulasne, E. Boudier) au fost continuate, determinînd îmbunătățiri apreciabile în clasificare.

În 1884, A. de Bary (1831—1888) publică o clasificare filogenetică a ciupercilor în lucrarea sa, *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien*. El se impusese în prealabil ca unul dintre cei mai mari micologi ai secolului și publicase o lucrare de răsunet: *Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten* (1864—1866).

La sfîrșitul secolului al XIX-lea, datorită lucrărilor întocmite de francezii L. Quélet și N. Patouillard, precum și de elvețianul V. Fayod, sistematica ciupercilor superioare capătă, în trăsăturile sale principale, forma pe care i-o cunoaștem astăzi.

ALGELE. A.L. de Jussieu nu recunoaște decît 5 genuri de alge, repartizate în două grupe de acotiledonate: Bissi *(Byssus, Conferva, Tremella)* și fuci *(Ulva, Fucus)*. Sistematica algelor începe cu adevărat prin lucrările lui J.P. Vaucher (din Geneva) care publică, în 1803, *Histoire des conferves d'eau douce* și observă pentru prima dată organele masculine și feminine ale *ectospermelor* (= *Vaucheria* DC, 1805). Puțin mai tîrziu eterogenitatea genului *Fucus* era recunoscută de J. Stackhouse care îl desființa (1809). Dar abia prin cercetările francezului Lamouroux sînt descoperite primele mari diviziuni. În *Essai sur les genres de la famille des Thalassiophytes non articulés* (algele marine), publicat în 1813, el expune o clasificare care este, în fond, o recunoaștere a algelor brune pe care Bary le va denumi *Phaeophycées* (1881), a algelor roșii și a algelor verzi (cloroficeele lui F.T. Kützing, 1845); pe de altă parte, el delimitează un mare număr

de genuri noi confundate sub denumirea de *Fucus*. Algele albastre nu vor fi recunoscute ca grup autonom decît în 1860, de E. Stizenberger (cianoficeele lui Sachs, 1874; schizoficeele lui F. Cohn, 1880).

Caracteristicele anumitor grupuri mari, ca dinoficeele sau crizo- şi xantoficeele, nu vor fi recunoscute decît mult mai tîrziu, după studiile lui G. Klebs (1883—1884), E. Warming (1890), A. Engler (1892) şi ale altor autori din secolul al XX-lea.

Sistemul lui Lamouroux a stat la baza lucrărilor lui C.A. Agardh şi W.H. Harvey (1836). Suedezului Agardh i se datoresc primele mari tratate consacrate algelor: o lucrare enciclopedică, care tratează despre toate speciile cunoscute pe atunci (2 vol., 800 p., 1828), şi un tratat monumental: *Species, genera et ordines Algarum* (8 vol., 1848—1901).

Pe de altă parte, trebuie menţionat cu insistenţă că progresul rapid al cunoştinţelor referitoare la sexualitate, mai cu seamă după descoperirea fecundaţiei de Thurot şi Pringsheim (1853—1855), a jucat un rol primordial în dezvoltarea taxonomiei acestor organisme.

LICHENII. Începînd cu lucrările lui Bary (1866) şi S. Schwendener (1868), confirmate experimental de francezul G. Bonnier (1889), se ştie că lichenii sînt organisme mixte, formate din asociaţia strînsă dintre o ciupercă (hifă incoloră) şi o algă (gonidii sau elemente clorofiliene). Lichenologii au recunoscut de mult, din punct de vedere morfologic, aceşti doi constituenţi fundamentali, şi sistematica s-a dezvoltat continuu în mod autonom — fără ca teoria să fi avut asupra ei o influenţă apreciabilă fiind promovată în Europa de un mare număr de savanţi, în ale căror prime rînduri figurează Erik Acharius (suedez) şi E. Fries şi mai cu seamă un adversar crîncen al teoriei algo-lichenice, finlandezul William Nylander, care a descris peste 3000 de specii noi.

BRIOFITELE ŞI PTERIDOFITELE. Trebuie menţionate încă o dată, şi mai cu seamă aici, numele lui Naegeli şi al lui Hofmeister. Ele semnifică, spre mijlocul secolului, un admirabil ansamblu de lucrări asupra sexualităţii şi dezvoltării la muşchi şi pteridofite, lucrări care au avut aplicaţii de importanţă capitală în domeniul taxonomiei.

În briologie, nu au existat probleme sistematice importante la nivelul cadrului fundamental: prin lucrările lui Hedwig şi A.L. de Jussieu, cele două grupuri, muşchi şi hepatice, erau identificate. Ph. Schimper a pus accentul pe particularităţile muşchilor din genul *Sphagnum* (1857). Cel mai mare sistematician al briofitelor a fost germanul J.K. Müller, care a descris 2400 de specii de *Sphagnum* (*Synopsis Muscorum*, 2 vol, 1848—1851). Lucrări efectuate în paralel au condus la descrierea a 1600 de specii de hepatice (C.N. Gottsche şi colab., 1844—1847).

Pteridologia sau ştiinţa criptogamelor vasculare s-a dezvoltat într-un ritm extraordinar de intens în cursul secolului al XIX-lea, în strînsă legătură cu cercetările anatomice, embriologice şi paleobotanice. În secolul precedent au fost elaborate lucrări foarte utile. J.C.D. Schreber (1791) separase licopodele de muşchi, pentru a le introduce în rîndul pteridofitelor; J.J Bernhardi

(1799) a scos în evidență valoarea unui ansamblu de caractere noi care țin de sporange și de induzie. Publicarea lucrării *Histoire des végétaux fossiles* (1828, 1837), a lui Ad. Brongniart, fondatorul paleobotanicii, precum și a studiilor lui J.H.R. Goeppert (1836, 1841) a dat un impuls viguros cercetărilor pteridologice.

Este epoca (1836) în care apar două opere clasice de mare însemnătate: *Genera plantarum*, a lui Endlicher, și *Tentamen pteridographiae*, a lui C.B. Presl. În ceea ce privește taxonomia, sistemul lui Endlicher era cel modern: el era o expresie taxonomică a lucrărilor lui L.C. Richard (1803) care recunoscuse existența obiectivă a grupurilor ecvizetacee și licopodiacee, și ale lui C.L. Willdenow (1802), căruia nu-i scăpase caracterul unitar al hidropterideelor. Împreună cu filicineele, sînt clasificate cele patru grupuri admise de Endlicher. Presl a introdus în taxonomia pteridologică multe noțiuni interesante, dar care nu au fost recunoscute decît mult mai tîrziu.

Lucrările s-au înmulțit în a doua jumătate a secolului și progresele înregistrate au fost deosebit de spectaculoase. Studiind dezvoltarea sporangelui, K. Goebel distinge cele două categorii ale leptosporangierelor, la care sporangele rezultă dintr-o singură celulă inițială, și eusporangierelor, la care sporangele provine dintr-un grup de celule. Pe de altă parte, lucrările morfologilor Bary, Sachs, Strasburger, Van Tieghem, Jeffrey, C.E. Bertrand, O. Lignier, asociate cu cele ale paleobotaniștilor Williamson, B. Renault, H. Potonié, D.H. Scott etc., au constituit fundamentul solid al cunoștințelor moderne.

Secolul s-a încheiat cu importantul volum asupra pteridofitelor (1898—1902) al lui Engler și Prantl, ajutați de o echipă de specialiști. În el, sînt distinse patru clase: filicale, sfenofilale, ecvizetale, licopodiale. Lignier este cel care, cîțiva ani mai tîrziu, a demonstrat unitatea structurală a sfenofilalelor și a ecvizetalelor, stabilind astfel unul dintre marile grupe ale traheofitelor.

C. EXPLORARE ȘI FLORISTICĂ

În secolul al XIX-lea botanica se identifică în mare parte cu explorarea globului — fie pentru că slujitorii ei cei mai eminenți, chiar dacă se numesc Humboldt, Hooker, Brown, Asa Gray sau Martius, au fost în același timp și iluștri călători, fie pentru că studiile cele mai importante în acest domeniu au căpătat forma unor gigantice analize și descrieri, cum sînt vastele lucrări engleze referitoare la flora din India și din Africa tropicală.

Pe de altă parte, nu trebuie să uităm că marea revoluție biologică din 1859 reprezintă consecința călătoriilor lui Darwin și Wallace. Acest secol de entuziasm dezvăluie flora cea mai diversă, subpolară sau tropicală, ființele cele mai ciudate, ca *Rafflesia* din Sumatera, ale cărei flori, cu un diametru de 1 m, au o greutate de 7 kg, sau *Welwitschia*, de pe înaltele platouri din Angola. Secolul se caracterizează, de asemenea, printr-o minunată pleiadă de savanți, oameni cu un curaj și o tenacitate admirabile, uneori sublimi, sau adevărate

genii, deseori ciudați sau pitorești. Michaux, Bonpland, Jacquemont, Rafinesque, Bachelot de La Pylaie, pentru a nu cita decît francezi, au fost oameni de acest fel. Ne limităm la evocarea cîtorva nume, cîtorva lucrări; ele vor fi grupate pe țări.

AMERICA. Explorarea Americii de Nord, ilustrată în special de Th. Nuttall, D. Douglas, John Macoun, francezii C.S. Rafinesque, F.A. Michaux, E. Durand, a dus la publicarea unor studii parțiale de floră. Sistematica și floristica din America au fost dominate de nume, ca John Torrey (1796—1873) și Asa Gray (1810—1888). Trebuie să-i menționăm, de asemenea, pe L.D. von Schweinitz și C.H. Peck care au descris mii de ciuperci.

Marile expediții din America de Sud au fost efectuate de savanți europeni: prima (1799—1804) și cea mai renumită, cea a lui A. von Humboldt și Aimé Bonpland, privea Venezuela, Columbia, Ecuador, Peru și Mexic. Rezultatele foarte fecunde au fost consemnate în lucrări monumentale: *Plantae aequinoxiales* (1809—1813) și *Nova genera et species plantarum...* (7 vol., în colaborare cu K.S. Kunth).

Între 1816 și 1822, francezul A. de Saint-Hilaire a locuit în Brazilia. El a întocmit o importantă colecție de plante și a elaborat *Flore du Brésil méridional* (3 vol., 1825—1833); dar opera cea mai mare îi era rezervată botanistului german K.F.P. von Martius, a cărui călătorie în Brazilia are loc în aceeași epocă ca și cea a lui Saint-Hilaire. Începută în 1829, și elaborată împreună cu numeroși colaboratori, uriașa lui *Flora brasiliensis* nu a putut fi terminată decît în 1901: ea numără 15 volume in-folio, 3805 planșe și cuprinde expuneri asupra a 22 000 de specii.

La acest nume trebuie asociat cel al englezului R. Spruce, care a urcat pe Amazon între 1849 și 1864 și căruia i se datorează introducerea culturii arborelui de chinină în India.

ASIA ȘI AUSTRALIA. În ceea ce privește Asia, ar fi de citat un lung șir de nume; nu pot fi omise cele ale lui W. Roxburgh, care a publicat o *Flora indica* (1820—1824), F. Buchanan, ale cărui colecții au fost descrise de D. Don (1825), N. Wallich, V. Jacquemont, R. Wight, W. Griffith, și mai cu seamă J.D. Hooker, care a explorat, împreună cu Th. Thomson, India (1847—1851) și a publicat *Flora of British India* (1876—1897).

Numele lui C.L. Blume, director al Grădinii botanice din Buitenzorg (1822—1826), este legat de flora din Djava, cel al lui M. Blanco de flora din Filipine, iar cele ale lui R. Fortune — care a introdus „kumquatul" *(Fortunella)* în Europa —, F.B. Forbes, A. David, A. Henry și ale rușilor A. von Bunge și P.I. Kirilov, de flora Chinei; C. Maximovici, N.M. Prjevalski și mai ales V.L. Komarov au explorat Asia centrală și boreală; A. Cunningham, Th. Mitchell, R. Brown, F.J.H. von Müller, Australia. Lui E. Boissier din Geneva i se datorește o excelentă *Flora orientalis* (5. vol., 1867—1884).

AFRICA. Explorarea Africii s-a făcut într-un ritm mai lent, care s-a accentuat însă în a doua jumătate a secolului... Călătoriile lui W.J. Burchell, F.M.J. Welwitsch, G. Mann, J. Kirk, Schweinfurth etc. au stat la originea a numeroase analize floristice. Mai multe flore africane au fost scrise înainte de 1850. Menționăm în special *Flora* lui Oware și a lui Bénin (1804—1807), cea a lui Palisot de Beauvois, *Niger Flora* (1849), a lui Hooker și Bentham. Este necesar să citățm apoi *Flora capensis* (7 vol., 1859—1865) de W.H. Harvey și W. Sonder și mai cu seamă *Flora of tropical Africa* a cărei publicare, începută în 1868 sub conducerea lui D. Oliver, va continua pînă în 1937, sub îngrijirea lui D. Prain, apoi aceea a lui Thyselton Dyer, care va rămîne însă neterminată.

Explorarea botanică s-a făcut și în Africa de nord și o *Flore d'Algérie et de Tunisie* (1890—1895) a fost elaborată de J.A. Battandier și C.L. Trabut.

D. GEOGRAFIA PLANTELOR

Geografia plantelor, ca și paleobotanica, științe ale răspîndirii și ale istoriei naturale a plantelor, sînt-ambele-fiice ale secolului al XIX-lea. Descoperirea fosilelor, dezvoltarea explorărilor, progresele înregistrate în studiul morfologic și sistematic nu puteau să nu conducă la apariția acestor științe și, pînă la urmă, începînd din 1859, la înțelegerea raporturilor dintre specii și a profundei lor unități pe care o dezvăluia darvinismul. Ampla lucrare a lui H. Lecoq, *Sur la géographie botanique de l'Europe* (9 vol., 1854—1858), apărută cu puțin timp înainte de *Originea speciilor*, arată la ce punct de maturitate ajunseseră pe atunci ideile. Chiar Lecoq, alimentat de Geoffroy Saint-Hilaire, menționează filiația speciilor ca o necesitate logică a biogeografiei.

Începînd din 1790, Humboldt concepe un studiu asupra geografiei plantelor și, cam în aceeași epocă (1792), botanistul german C.L. Willdenow publică primul studiu important asupra acestui subiect. Este, după cum a conceput-o el, tocmai o *istorie a plantelor*, o istorie a vicisitudinilor lor de-a lungul erelor geologice, a comportamentului lor față de clime și soluri, a răspîndirii lor pe glob, a migrațiilor lor. Găsim la Willdenow însemnări și idei foarte interesante, ca cea referitoare la afinitățile floristice între America de Nord și Europa boreală, sau între Capul Bunei Speranțe și Australia, cea a comparării variabilității la plantele sălbatice și plantele cultivate, acestea din urmă avînd nenumărate varietăți, cea a modului în care își asigură plantele protecția în funcție de portul și felul lor de viață. Autorul invocă două posibilități de a explica afinitățile floristice între diferite continente: geneza simultană a speciilor legate de o identitate a mediului înconjurător sau despărțirea continentelor anterior legate. Pentru prima dată, el decelează arii floristice și le schițează definiția; ar exista în Europa cinci flore principale (fiecare centru de răspîndire fiind reprezentat de munții cei mai înalți): flora elvețiană, flora din nord, din Austria, din Apenini și din Pirinei.

Lucrarea lui Willdenow a fost urmată de un lung memoriu al lui Treviranus, intitulat *Asupra răspîndirii corpurilor vii pe suprafața globului*, apoi de renu-

mitul *Essai sur la géographie des plantes*, al lui Humboldt (1807). Opera lui Humboldt îi dă acestei științe în curs de a se naște o nouă amploare. Un volum întreg din monumentala sa lucrare *Nova genera et species...* este consacrat răspîndirii geografice a plantelor (1817). Ca un mare geniu, într-un stil desăvîrșit, Humboldt a schițat tablouri pline de măreție ale naturii tropicale, care au contribuit mult la orientarea „spre considerarea plantelor sub raportul asociației lor locale în diferite clime" și al fizionomiei lor. Lui i se datorește îndeosebi punerea în evidență a noțiunii de linie izotermă, care a adus geografiei cele mai mari servicii. În aceeași epocă, ilustrul Robert Brown se consacră cercetărilor de același fel asupra florei din „pămînturile australe", străduindu-se să înțeleagă răspîndirea familiilor și să stabilească proporția relativă a speciilor lor în diferite continente.

Lucrările acestor doi pionieri, la care trebuie adăugați Aug. P. de Candolle și Mirbel, au condus la opere riguroase în care s-au elaborat legi și tehnici și s-au definit conceptele: cele ale lui J.F. Schouw (din 1816 pînă în 1823), J.D. Hooker (1844, 1853, 1859...), Asa Gray (1859), Alphonse de Candolle (1855), A. Grisebach (începînd din 1845). Faptele și problemele decelate spre mijlocul secolului sînt de așa natură, încît *Géographie botanique* a lui Candolle are nu mai puțin de 1365 de pagini. În 1883, cu cartea sa *Origine des plantes cultivées*, Alphonse de Candolle va deschide un nou capitol de cercetare care se va dovedi deosebit de fecund.

Începînd din 1870, geografia botanică va căpăta o dezvoltare bruscă. Grisebach publică în 1872 o lucrare rămasă clasică: *Die Vegetation der Erde*, în care descrie vegetația Pămîntului cu mijloacele foarte limitate pe care i le oferă știința din acele timpuri și face o clasificare floristică la scară mondială. Opera lui Grisebach este, înainte de toate, morfologie comparativă a tipurilor de vegetație în legătură cu diferitele clime.

Urmează apoi primele mari lucrări ale lui Engler, care reprezintă o serie întreagă de însemnări și memorii și, în special, o magistrală sinteză asupra istoriei dezvoltării vegetației (1878—1880); ele consacră un loc considerabil istoriei geologice. Studiul de fitogeografie descriptivă al lui H. Christ, intitulat *La flore de Suisse et ses origines* (1882), a avut o influență considerabilă. Secolul se încheie cu marile tratate ale lui O. Drude (1890) și mai cu seamă ale lui J.E.B. Warming (1895) și A.F.W. Schimper (1898), care deschid căile ecologiei sau ale științei acțiunii mediului asupra ființelor vii. Aceste tratate, care marchează o adevărată cotitură, exprimă noul spirit al cercetărilor efectuate cu perseverență de-a lungul ultimului sfert de secol de oameni, ca: J. Vesque (1878), G. Bonnier și Ch. Flahault (1879), S. Schwendener, G. Volkens, G. Haberlandt și alții. Nu este o coincidență fără însemnătate faptul că primele lucrări asupra climei Pămîntului apar în 1887 (A. Woeikoff) și 1897 (J. Hann): ecologia va fi știința secolului al XX-lea[1].

[1] Este demnă de remarcat contribuția în acest domeniu a cercetătorilor români Anastasie Fătul, Dimitrie Grecescu, Dimitrie Brandză ș.a. — *C.M.*

E. INSTITUȚII ȘI ORGANE FUNDAMENTALE

Pentru a răspunde uriașei dezvoltări a botanicii și extinderii explorărilor, care s-au exprimat prin creșterea neîncetată a colecțiilor și a publicațiilor — ca număr și ca dimensiune —, era necesară o transformare profundă, o reînnoire și o extindere a instituțiilor și a organizațiilor tradiționale ale științelor naturii. De-a lungul întregului secol, preocuparea de a pune la punct o infrastructură adaptată la știința în curs de dezvoltare și care să permită o înflorire a ei nu a încetat să se manifeste.

MUZEE ȘI GRĂDINI. Marii maeștri ai taxonomiei și ai geografiei botanice nu s-au mulțumit să fie ei înșiși pasionați pentru marile expediții științifice; ei s-au străduit să dea explorărilor urmările pe care acestea trebuiau să le comporte și, în felul acesta, numele lor s-a găsit deseori legat, fie de dezvoltarea, fie de crearea și de conducerea grădinilor botanice și a marilor ierbare. Ca atare, Aug. P. de Candolle, M. Treub, W.J. Hooker, N.L. Britton, C.S. Sargent au fost primii directori ai grădinilor botanice din Geneva (1817) și respectiv Buitenzorg (Djava, 1817), Kew (reorganizată în 1841), Saint-Louis (Missouri Botanical Garden (1859) și New York (1891). Un număr de mari ierbare ale lumii își au începuturile în secolul al XIX-lea, cum sînt *Gray Herbarium* al Universității Harvard (1864) și *Arnold Arboretum* (1872), Ierbarul național din Melbourne (1857), precum și cele ale Academiei de științe naturale din Philadelphia (1812), Zürich (1834), Bruxelles (1870), Aberdeen (1860) etc.

SOCIETĂȚI, PERIODICE, CONGRESE. Internațională și colectivă prin definiție, știința se sprijină, din momentul cînd se afirmă, pe o organizare și un ansamblu de convenții care îi consacră unitatea. Așa s-a întîmplat cu botanica în cursul secolului al XIX-lea: expresia, transmiterea, discutarea, controlul științei s-au rezolvat treptat, în calitatea lor de probleme. Societățile, publicațiile, periodice ori nu, s-au înmulțit; au fost organizate primele congrese internaționale. Lista periodicelor întemeiate în secolul al XIX-lea este lungă, un mare număr dintre ele, uneori cu titlul schimbat, menținîndu-se pînă în zilele noastre: „Acta Horti Petropolitani" (St. Petersburg, 1871), „Archives du Muséum" (Paris, 1802), „Annales des Sciences naturalles" (1824), „Beihefte Botanisches Centralblatt" (1891), „Botaniche Jahrbücher" (Leipzig, 1880), „Kew Bulletin" (1887), „Proceeding of the Linnean Society of London" (1838), „Rhodora" (Boston, 1899) etc. Lista societăților nu este mai puțin lungă: Academia de științe naturale de la Philadephia (1812), Societatea linneană a Normandiei (1823), Ray Society (1844), Societatea botanică a Franței (1854), Societatea regală botanică din Belgia (1862), Deutsche Botanische Geselschaft (1882) etc.

Paralel, a existat o preocupare foarte susținută de a se defini și de a se armoniza metodele și limbajul, de a se stabili un cod al nomenclaturii, de a se elabora dicționare și indexuri de folosință universală. La sfîrșitul secolului

al XIX-lea, organizarea era vizibilă. Publicarea unui *Index Kewensis*, compilație în 4 fascicule (1893—1895) (care va avea 12 suplimente în 1959) a tuturor numelor de genuri și de specii de plante cu flori studiate începînd de la Linné, marchează o etapă deosebit de importantă în această direcție. Încă din 1821 un prim *Index*, foarte util, a fost publicat de E.G. Steudel, sub numele de *Nomenclator botanicus*; el a apărut într-o a doua ediție, în 1840. De la începutul secolului, se făcea resimțită necesitatea de a se stabili anumite reguli universale care să pună ordine în nomenclatura speciilor, genurilor și a altor categorii taxonomice; de asemenea, se simțea din ce în ce mai mult necesitatea de a se uniformiza metodele și de a se face posibilă controlarea rezultatelor: toate aceste preocupări sînt exprimate și dezvoltate în *Théorie élémentaire* a lui Aug. P. de Candolle (1813). Era însă opera unui singur om: putea fi acceptată ori nu. Abia în 1867, chestiunea este pusă în fața unei reuniuni de savanți care a avut loc la Paris și a fost denumită primul Congres internațional; Alphonse de Candolle a propus un text referitor la legile nomenclaturii. În realitate, o înțelegere internațională nu era ușor de realizat; ea nu s-a produs nici la al III-lea Congres internațional (Viena, 1905), ci va fi realizată abia peste un sfert de secol.

CAPITOLUL IV
Pasteur şi microbiologia

Printre toate marile figuri ale biologiei din secolul al XIX-lea, personalitatea lui Louis Pasteur (1822—1895) ocupă un loc aparte prin originalitatea şi prin exemplara punere în practică a metodelor sale, prin importanţa descoperirilor sale şi prin consecinţele lor. El a dezvăluit şi a explorat o întreagă lume biologică pînă atunci necunoscută, aceea a *microbilor*, a pus în evidenţă însemnătatea ei capitală teoretică şi practică, a împrăştiat fantome şi a creat tehnici noi, de importanţă hotărîtoare în domeniile ştiinţei pure şi ale aplicaţiilor ei în viaţa omului. A revelat aspecte fundamentale şi necunoscute ale naturii şi a creat noi şi puternice mijloace de acţiune pentru a le pune în slujba omului. El a transformat medicina.

Şi totuşi, prin formaţia sa, Pasteur nu era nici biolog, şi nici medic. Noutatea operei sale era atît de manifestă, încît ea s-a lovit uneori de opoziţii asemănătoare celor pe care le-au întîmpinat William Harvey, în secolul al XVII-lea, şi Charles Darwin, în secolul al XIX-lea.

Intrat, în 1843, la Şcoala normală superioară, Louis Pasteur a abordat curînd cercetări susţinute în domeniul chimiei şi al cristalografiei. Problema hemiedriei cristalelor de tartraţi, de care s-a izbit Mitscherlich, i-a permis să obţină. începînd din 1848, rezultate spectaculoase[1].

HEMIEDRIA ŞI VIAŢA. Pasteur arată mai întîi că hemiedria este în raport direct cu sensul devierii pe care soluţiile acestor cristale le exercită asupra luminii polarizate. De aici el deduce noţiunea de asimetrie moleculară şi creează astfel un nou capitol al fizicii şi chimiei, de unde a rezultat ulterior stereochimia. În curînd ajunge la concluzia că asimetria moleculară este o proprietate a substanţelor elaborate de fiinţele vii. Există, într-adevăr, două varietăţi de tartraţi asimetrici, care acţionează într-un mod opus asupra luminii polarizate, provocînd devierea ei spre dreapta ori spre stînga. Amestecul acestor două varietăţi în proporţii egale nu provoacă nici un fel de deviere. Pasteur stabileşte că unele organisme inferioare se hrănesc cu tartraţi, consumînd doar una dintre cele două varietăţi şi lăsînd cealaltă neatinsă. Celula vie îi

[1] A se vedea în legătură cu această problemă şi studiile lui J. Orcel (pp. 367 — 368) şi J. Jacques (p. 318).

apare astfel ca un laborator de forţe asimetrice. El studiază aceste probleme din 1849 şi pînă în 1853, ani în care a profesat la Facultatea de ştiinţe din Strasbourg.

FERMENTAŢIILE. În 1854, Pasteur este transferat la noua Facultate de ştiinţe din Lille, unde cîţiva industriaşi îi solicită să corecteze unele neregularităţi ale fermentaţiei alcoolice, practicată încă în mod empiric cu ajutorul drojdiei de bere. Două teorii opuse explicau această fermentaţie: cea a lui Berzelius şi cea a lui Liebig. Studiind anomaliile fermentaţiei alcoolice, Pasteur constată formarea acidului lactic şi observă că ea este în raport cu prezenţa unei substanţe ce apare în recipiente sub formă de pete cenuşii. La microscop, această substanţă apare ca fiind constituită din globule mici, în care Pasteur recunoaşte nişte organisme. Urme din această substanţă adăugate la un decoct de levuri în care s-a introdus zahăr şi cretă sînt suficiente pentru a declanşa o fermentaţie lactică obişnuită şi constantă, ceea ce ar corespunde înmulţirii unui organism determinat şi nutriţiei lui pe seama unei substanţe fermentescibile, zahărul, nutriţia respectivă lăsînd ca reziduu acidul lactic.

Această noţiune nouă a fost imediat extinsă de Pasteur şi la alte cazuri. Orice fermentaţie apare ca fiind datorată acţiunii unui ferment special.

Pentru a obţine o bună fermentaţie alcoolică industrială, este suficient, spune Pasteur, „să avem un ferment pur, omogen, care să se dezvolte liber, fără nici o piedică, cu ajutorul unei hrane corespunzătoare naturii sale individuale. Reiese că fermentaţia poate fi corelată cu viaţa, cu organizarea globulelor şi nu cu moartea şi putrefacţia lor". (*Mémoire sur la fermentation alcoolique*, 3 august 1857).

Cu mult înainte de Pasteur, Leeuwenhoek observase la microscop, în 1680, globulele drojdiei de bere, iar în 1835, Cagniard de Latour, datorită perfecţionării aduse microscopului, a descoperit înmulţirea lor prin înmugurire (asexuată), de unde a dedus că drojdia de bere este un organism „a cărui creştere trebuia probabil să ducă la degajarea de acid carbonic şi de alcool". Această interpretare, formulată în acelaşi timp în Germania de Th. Schwann şi Kützing, a fost înăbuşită de teoriile lui Liebig.

Pasteur studiase totodată cu precizie fermentarea alcoolică, obţinînd-o prin introducerea unor urme imperceptibile de drojdie într-o soluţie care conţinea doar zahăr şi săruri minerale cristalizate. Levura se înmulţea utilizînd constituenţii mediului pentru a forma celule. Nu era vorba deci de o simplă acţiune de contact, după cum pretindea Berzelius, nici de descompunerea spontană a substanţei solide, cum susţinea Liebig.

În felul acesta era rezolvat misterul fermentaţiei şi explicaţia se dovedea a avea un caracter general. Într-adevăr, Pasteur urma să explice o altă fermentaţie ce-i deschidea noi orizonturi, cea care dă naştere acidului butiric. În cazul acesta, fermentul era mobil şi părea astfel să aparţină regnului animal, fiind în realitate un organism vegetal, un vibrion. Acest ferment prezenta o particularitate deosebită, şi anume aceea de a nu se putea dezvolta decît în absenţa oxigenului. Astfel, fusese descoperit un nou mod de viaţă, *anaero-*

bioza, în care organismul foloseşte oxigen în stare combinată, neputînd să se obişnuiască cu oxigenul liber. Levura este în măsură să trăiască în prezenţa sau în absenţa oxigenului, dar ea acţionează ca ferment numai în a doua alternativă; în contact cu aerul, ea arde zahărul în întregime, fără a produce alcool. Fermentaţia este, aşadar, şi ea, viaţă fără aer. În cazul vibrionului butiric, anaerobioza este o necesitate absolută şi rezultatul său este un fenomen banal care permitea astfel explicarea *putrefacţiei* prin care cadavrele[2] vieţuitoarelor reintră în atmosferă şi în regnul mineral.

Aceste descoperiri ale lui Pasteur trebuiau să aibă consecinţe imediate şi importante. Ele urmau să transforme în industrii raţionalizate nişte practici pînă atunci empirice şi cu desfăşurări capricioase: fabricarea oţetului, care rezultă din acţiunea unui ferment special, *Mycoderma aceti*, asupra alcoolului; producerea berii, care urma şi ea să fie reînnoită. Maladiile vinurilor se dovedeau azi şi ele determinate de acţiunea unor fermenţi, şi puteau fi evitate prin distrugerea acestora, ca urmare a unei încălziri reglate la 50°C, operaţie care a căpătat numele de *pasteurizare*. La fel se poate proceda şi în vederea conservării laptelui.

GENERAŢIA SPONTANEE ŞI FUNDAMENTAREA BACTERIOLOGIEI. În 1857, Pasteur revine la Paris pentru a preda la Şcoala normală superioară, unde va fi antrenat în sfera unor cercetări noi.

Vechea problemă a generaţiei spontanee, pentru moment rezolvată în secolul al XVIII-lea de Spallanzani, era repusă în discuţie de un naturalist din Rouen, A. Pouchet, care pretindea că a dovedit în mod experimental adevărul (*Hétérogénie ou Traité de la génération spontanée*, Paris, 1859). În legătură cu această chestiune, Academia de Ştiinţe a organizat un concurs. Pasteur a participat şi el şi a respins afirmaţiile lui Pouchet. Memoriul său a fost premiat în 1861. El demonstra că pretinsele generaţii spontanee se datorau contaminării lichidelor de către germenii din aer. Cu această ocazie, a creat tehnici foarte simple pentru a evita contaminarea sau pentru a o provoca la un moment dat. Aceste procedee au dat naştere tehnicii bacteriologice de sterilizare a mediilor de cultură. Baloane sterilizate de Pasteur au rămas pînă astăzi sterile, deşi de atunci a trecut un secol. Într-un aer pur şi lipsit de germeni, nu va avea loc o contaminare. Pasteur a dovedit-o prin experienţe făcute la mare altitudine, la Montenvers. Din douăzeci de baloane sterilizate, şi apoi deschise în acest loc, nouăsprezece au rămas sterile.

Adversarii săi, Pouchet, Joly şi Musset, campioni ai generaţiei spontanee, au ripostat printr-o experienţă analogă, efectuată cu o infuzie de fîn, pe vîrful La Maladetta (Pirinei), în aceste condiţii dezvoltîndu-se microbi; dar ei au renunţat la experienţe în contradicţie cu Pasteur. Doisprezece ani mai tîrziu, în 1876, controversa va renaşte cu englezul Bastian şi, de data aceasta, Pasteur va întreprinde, împreună cu colaboratorii săi, Joubert şi Chamberland, o polemică pe bază experimentală în care va respinge în întregime teza lui Bastian. Se explică acum dezvoltarea germenilor constatată de Bastian şi,

[2] Descompuse în elemente simple. — *C.M.*

înaintea lui, de Pouchet şi adepţii săi. Era vorba de *Bacillus subtilis*, şi apariţia lui se datora sporilor acestui organism care rezistă la temperatura de fierbere a apei (100°C) folosită pentru sterilizarea mediului. Dar aceşti spori sînt omorîţi de o încălzire sub presiune la 120° sau 130° C.

Experienţele pe care le-a făcut Pasteur pentru a respinge afirmaţiile lui Pouchet şi ale lui Bastian nu au dus numai la înlăturarea pretinsei generaţii spontanee[3]. În cursul lor s-a pus la punct toată tehnica sterilizării mediilor de cultură şi astfel s-a născut o nouă ştiinţă cu importanţă teoretică şi practică primordială, *bacteriologia*[4].

BOLILE VIERMILOR-DE-MĂTASE. În această perioadă (1860), creşterea viermilor-de-mătase în sudul Franţei era frînată de o boală necunoscută a acestor omizi. La insistenţele lui J.B. Dumas, Pasteur a început un studiu aprofundat al problemei şi a arătat că boala era în legătură cu prezenţa în ţesuturile omizilor a unor corpusculi speciali (semnalaţi deja de italianul Cornaglia) şi care se regăsesc în ouăle[5] femelelor contaminate. Examinînd la microscop ţesuturile sfărîmate ale femelelor şi înlăturînd din cultură ouăle tuturor celor la care s-au găsit aceşti corpusculi, s-a suprimat în mod radical îmbolnăvirea[6].

În acelaşi timp, Pasteur a decelat o altă boală a viermilor-de-mătase, denumită în Franţa *flacherie*, datorată înmulţirii în intestin a unei bacterii. Această observaţie a permis precizarea genezei maladiilor infecţioase în general.

CONTRIBUŢIA UNUI PRECURSOR: AGOSTINO BASSI. E de menţionat că o altă îmbolnăvire a viermilor-de-mătase, muscardina, a constituit anterior obiectul unor cercetări aprofundate ale micrografului amator italian Agostino Bassi (1773—1856), care a reuşit să demonstreze proveniența ei de la o ciupercă parazită microscopică şi să precizeze diferitele măsuri ce permit evitarea propagării ei (*Del mal del segno calcinaccio o muscardino...*, 2 vol., Lodi, 1835—1836; rezumat francez: *De la Muscardine...*, Paris, 1936). De altfel, Pasteur a adus omagiu operei precursorului său:

„Încă din anul 1835, se ştia datorită cercetărilor lui Bassi, din Lodi, confirmate prin experienţele lui Audouin, că această boală trebuia să fie raportată la dezvoltarea, în omidă sau în crisalidă, a unui parazit vegetal, desemnat cu numele de *Botrytis bassiana*, ca omagiu celui care l-a descris pentru prima dată şi a făcut cunoscute efectele lui nefaste“ (L. Pasteur, *Études sur la maladie des vers à soie*, Paris, 1870, t.1.).

[3] Dar, cu toate rezultatele experienţelor lui Pasteur, ipoteza generaţiei spontanee, susţinută de Lamarck, Darwin şi atîţia alţii, nu poate fi respinsă cu totul. Altfel ar trebui să admitem că viaţa este veche ca şi materia, că între materia vie şi cea inertă nu este nici o legătură. — *C.M.*

[4] O contribuţie remarcabilă la edificarea bacteriologiei a adus-o medicul german Robert Koch, descoperitorul bacilului tuberculozei. — *C.M.*

[5] Abia ulterior s-a demonstrat că aceşti corpusculi ai pebrinei sînt sporii unei microsporidii, aparţinînd grupului sporozoarelor, a căror cunoaştere s-a precizat mai tîrziu.

[6] Boala a fost numită pebrină. — *C.M.*

Această descoperire a unei ciuperci parazite microscopice, confirmată din 1837 de J.V. Audouin, a determinat diverse cercetări[7] care au condus mai cu seamă la descoperirea lui *Achorion schönleinii* (Schönlein, 1839; Gruby, 1841), agentul patogen al favusului uman. Dar Bassi a emis în studiul său ideea că agenţii majorităţii îmbolnăvirilor contagioase ar putea să fie nişte microorganisme. Această teorie pe care Bassi, din nefericire, nu a putut-o confirma prin observaţiile sale, a fost reluată şi dezvoltată în 1840, în *Pathologische Untersuchungen*, aparţinînd anatomistului şi biologului german Jacob Henle, prieten al lui Schwann şi viitor profesor al lui R. Koch. Henle a precizat în special regulile experimentale care trebuiau să permită demonstrarea că un anumit agent microscopic determină o boală, reguli care au fost utilizate ulterior de R. Koch în studiile sale asupra bolii cărbunelui.

Toate aceste fapte, mult timp necunoscute de istoricii biologiei, arată că A. Bassi a fost precursorul bacteriologiei. Cercetările sale asupra bolilor viermilor-de-mătase au orientat în mod hotărît spiritul lui Pasteur spre studiul bolilor contagioase şi au creat posibilitatea intervenţiei germenilor infecţioşi în propagarea lor.

ROLUL MICROBILOR ÎN BOLILE CONTAGIOASE ALE ANIMALELOR ŞI ALE OMULUI. Era momentul cînd se dezvolta studiul microscopic al fiinţelor inferioare, vibrioni, bacili etc. Botanistul german F. Cohn descoperea *sporii*, întîlniţi şi de Pasteur în cazul vibrionului butiric al „flacherie"-ei. Diverşi observatori recunosc prezenţa bacteriilor în anumite boli contagioase (piemie, nefrită purulentă, febră puerperală, plăgi purulente). În 1873, Obermeier observa prezenţa spirochetelor la bolnavii atinşi de febră recurentă. Dar medicii refuză să creadă că acestea pot constitui cauza efectivă a îmbolnăvirilor. Din 1867, Pasteur s-a interesat de aceste boli; frecventînd spitalul Val-de-Grâce, el s-a iniţiat în fiziologie, urmînd cursurile lui Cl. Bernard la Collège de France.

O descoperire importantă a fost făcută în 1850, de medicul şi zoologul C. Davaine (1812-1882), cea a unor mici corpusculi filiformi (semnalate de Pollender în 1849), mişunînd în sîngele animalelor (mai cu seamă oi) atinse de dalac. Ulterior, în lumina memoriului lui Pasteur, *Animalcules vivant sans oxygène libre et déterminant des fermentations* (1861), Davaine a decelat în aceşti corpusculi, pe care i-a denumit „bacteridii cărbunoase", cauza bolii cărbunelui. Dar el nu a putut respinge într-un mod decisiv obiecţiile aduse tezei sale. Cu toate acestea, începînd din 1865, chirurgul scoţian Joseph Lister (1827—1912) a ţinut seama de consecinţele ce se desprind din prezenţa germenilor în plăgile purulente şi a elaborat o tehnică nouă, a *antisepsiei*, care a determinat renovarea şi extinderea prodigioasă a chirurgiei.

După 1870, Pasteur se orientează cu hotărîre spre studierea bolilor contagioase, concepîndu-le ca fiind datorate intervenţiei germenilor microbieni infecţioşi care pătrund în organism. Dar aceasta nu fără a se lovi de rutina

[7] Botanistul Dimitrie Grecescu (1841—1910), elev al lui Carol Davila (1828—1884), la Şcoala naţională de medicină şi farmacie din Bucureşti, şi-a luat doctoratul în medicină la Paris în 1868, sub preşedinţia profesorului G. Robin, cu teza: *De l'Achorion schönleinii, le champignon de la teigne faveuse. — C.M.*

medicală și chiar de spirite novatoare, ca germanii Virchow, Helmholtz și Du Bois-Reymond, pentru care ipoteza intervenției germenilor infecțioși era impregnată de vitalism și care căutau soluții de ordin psihochimic la această problemă. Academia de Medicină din Paris, al cărei membru Pasteur a fost ales în 1872, a constituit teatrul unor schimburi de opinii care l-au opus medicilor tradiționaliști, aceștia neputînd admite ca o asemenea descoperire în medicină să-i aparțină unui chimist.

OPERA MEDICALĂ A LUI PASTEUR. Experimentînd pe animale, Pasteur a determinat o adevărată revoluție în medicină, dînd dovadă de o asemenea originalitate și fecunditate în idei care sînt în general apanajul anilor tineri; el a utilizat metoda experimentală riguroasă asupra căreia stă mărturie întreaga sa operă.

a) Boala cărbunelui sau antraxul i-a prilejuit lui Pasteur primul său succes în domeniul medical. El a fost ajutat de colaboratorii săi Joubert, Chamberland și E. Roux și de lucrările anterioare ale lui Davaine și Koch; acesta din urmă făcuse un studiu riguros al „bacteridiei" cărbunoase *(Bacillus anthracis)*, cunoscîndu-i sporii și precizînd împrejurările de formare a ei (1876). Realizînd cultura bacteriei în infuzii, Pasteur a demonstrat că aceasta este agentul infecțios, și nu lichidul de cultură (1877). A arătat că, după moartea animalului, bacteridia este în scurt timp distrusă în sînge, unde mișună vibrionii putrefacției. Pasteur respingea astfel o obiecție care i-a fost adusă lui Davaine de Leplat și Jaillard. El a furnizat de asemenea, date importante referitoare la condițiile în care se contaminează animalele, arătînd că aceasta se întîmplă în „cîmpurile blestemate", unde au fost îngropate inițial animalele bolnave, prin intermediul rîmelor care readuc la suprafață sporii bacteriilor. Pămîntul conținînd asemenea excremente introdus sub pielea unui cobai determină apariția la acesta a bolii cărbunelui. Oile se infectează pe calea rănilor de pe buze, păscînd în aceste „cîmpuri blestemate".

b) *Holera găinilor.* Studiind în același timp și holera găinilor, Pasteur a fost condus astfel la o descoperire capitală, cea a *atenuării virusurilor* și, prin ea, la *virusurile vaccin* (1880).

Agentul patogen al holerei găinilor este un *micrococ* (bacterie) care se cultivă ușor într-un bulion de găină la 37°C. Inocularea acestui bulion la găină determină în mod cert îmbolnăvirea mortală. Vacanța a întrerupt experiențele lui Pasteur. Reluîndu-le la înapoiere, el a constatat că găinile inoculate cu o cultură învechită nu sufereau decît o îmbolnăvire ușoară, de pe urma căreia se vindecau. Inoculîndu-le acestor găini vindecate o doză mortală dintr-o cultură proaspătă de bacterii, a observat că acestea rezistă la boală; faptul se datora îmbolnăvirii ușoare pe care o suferiseră anterior. Era, așadar echivalentul vaccinării lui Jenner împotriva variolei. Pasteur, dimpotrivă, a reușit să facă virulent un virus atenuat, trecîndu-l succesiv prin mai multe găini. Prin această metodă, se puteau modifica deci, după voie, proprietățile germenilor infecțioși, atenuîndu-le sau accentuîndu-le virulența și producînd astfel vaccinuri.

c) *Vaccinarea anticărbunoasă.* Pasteur a aplicat imediat această tehnică la boala cărbunelui, obţinînd atenuarea bacteriilor prin cultivarea lor la temperaturi ridicate (42—43°C), ceea ce împiedică producerea sporilor şi atenuează virulenţa germenilor patogeni. Animalele inoculate cu aceşti germeni atenuaţi rezistă la infecţie, fiind imunizate împotriva inoculărilor mortale.

Comunicarea acestor diverse rezultate a provocat o experienţă publică senzaţională, organizată de Societatea de agricultură din Melun, la ferma din Pouilly-le-Fort. Douăzeci şi cinci de oi au fost vaccinate prin procedeul de mai sus, apoi inoculate cu o cultură de virulenţă obişnuită; alte 25 de oi au primit *numai* cultura virulentă. Inocularea acesteia din urmă a avut loc la 31 mai 1881. La 2 iunie, la întîlnirea pe care a fixat-o Pasteur cu veterinarul şi cu publicul, au fost găsite cadavrele oilor martor, precum şi cele 25 de oi vaccinate care au supravieţuit şi se aflau într-o stare normală. Această vaccinare anticărbunoasă s-a extins cu repeziciune în toată lumea.

d) *Turbarea.* Ultima operă mare a lui Pasteur a fost vaccinarea împotriva turbării, boală dramatică şi fatală ce survenea în urma muşcăturii unui cîine turbat şi al cărei virus nu a putut fi pus în evidenţă decît recent, cu ajutorul microscopului electronic. Fiind contagioasă, era probabil ca turbarea să se datoreze unui germene inoculat prin muşcătura cîinelui. Întrucît simptomele indicau îmbolnăvirea sistemului nervos, Pasteur a avut ideea de a se servi de organele nervoase ca mediu de cultură, inoculînd în creier, după o trepanare, substanţă din măduva spinării a unui animal turbat. Ajutat de E. Roux, a obţinut în felul acesta transmiterea bolii la cîine. De asemenea, el a reuşit să sporească toxicitatea acestui virus, trecîndu-l succesiv prin mai mulţi iepuri. Condus de experienţele sale asupra holerei găinilor şi asupra bolii cărbunoase, Pasteur obţine atenuarea virusului lăsînd măduvele infectate să se usuce în aer. Virulenţa descreşte cu timpul şi dispare după patrusprezece zile. Cîinii au suportat bine inoculările succesive cu măduve datînd de 14, 13, 12 zile etc., pînă la cele mai virulente. Ei puteau fi imunizaţi deci în mod radical, ceea ce le permitea să reziste la inoculările şi muşcăturile cele mai grave.

Rămînea ca metoda să fie aplicată la om. Pasteur a ezitat timp îndelungat. Cînd s-a hotărît, în sfîrşit, succesul a încununat din plin experienţa sa din iulie 1885 asupra unui tînăr alsacian, Joseph Meister.

Această reuşită a avut un răsunet imens şi urmări practice capitale. Pînă atunci, Pasteur nu avusese la dispoziţia sa decît resurse materiale mediocre şi un laborator foarte modest la Şcoala normală. O subscripţie internaţională iniţiată curînd după succesul vaccinării antirabice a permis construirea Institutului Pasteur, inaugurat în octombrie 1888. Dacă, din nefericire, opera sa personală era terminată, un întreg grup de discipoli, ca E. Duclaux, E. Roux, A Yersin, A. Calmette, I. Mecinikov, N. Gamaleia[8] şi alţii, urma să-i

[8] De proveniență român (Gămălie). — *C.M.*

continue opera și, timp de peste șapte decenii, Institutul Pasteur, mult dezvoltat, precum și alte diverse centre analoge din diferite țări au jucat un rol eminent în progresul biologiei și al medicinii experimentale.

Pasteur a suferit în 1868 o zdruncinare gravă a sănătății, care l-a lăsat hemiplegic (semiparalizat), fără ca totuși aceasta să-l oprească definitiv din drumul descoperirilor sale. S-a stins în 1895.

Creator al bacteriologiei experimentale, Pasteur a revelat rolul capital al celor mai primitive microorganisme, revoluționînd astfel medicina, chirurgia și diverse industrii. Opera sa marchează o etapă esențială în cunoașterea naturii și a forțelor sale puse în slujba omului.

CAPITOLUL V
Fiziologia vegetală

Născută ca urmare a lucrărilor lui Lavoisier, fiziologia vegetală s-a constituit în știință aparte în cursul secolului al XIX-lea. Cunoștințele noi dobîndite, necesitatea tot mai urgentă de a perfecționa agricultura, geniul cîtorva oameni o ajută să-și descopere în mod progresiv problemele și metodele, să le definească din ce în ce mai precis, în sfîrșit, să le serieze, să le coordoneze. Dar secolul al XIX-lea nu cunoaște încă specializările care vor constitui o caracteristică a epocii noastre. Între anii 1800 și 1840, au fost elaborate operele fundamentale ale lui Saussure și Dutrochet. A urmat după aceea Liebig, apoi Boussingault, Sachs, Pfeffer și alți cîțiva. Acești oameni de știință reprezintă ei singuri aproape toată fiziologia vegetală a secolului al XIX-lea, fiind gînditorii și arhitecții diverselor ei compartimente.

A. THÉODORE DE SAUSSURE ȘI NUTRIȚIA PLANTELOR

STADIUL CERCETĂRILOR LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI. Cînd, în 1804, Théodore de Saussure publică lucrarea sa *Recherches chimiques sur la végétation*, în ideile despre nutriția plantelor domnea cea mai mare confuzie. Aristotel și foarte conservatorul Olivier de Serres impregnează încă profund opiniile agricultorilor și botaniștilor. Ca dovadă, mențiunea lui Maurice din lucrarea sa *Traité des engrais* (1806); nu se face apel la Bernard Palissy, la vederile sale profunde, ci la „părintele agronomiei moderne": „Bălegarul este cel care desfată, încălzește, îngrașă, înmoaie, îndulcește, îmblînzește și face bogate pămînturile obosite de prea mult lucru...", scria acesta; și ele erau acceptate încă în 1806. J.B. van Helmont (1652), R. Boyle, Duhamel du Monceau, J.G. Wallerius (1761) au introdus credința, care continuă să fie admisă, că apa singură este suficientă pentru alimentația plantelor — poziție devenită foarte incomodă după lucrările lui Lavoisier, Priestley, Ingenhousz, Senebier. Foarte curînd a început să se creadă, de acord cu Hassenfratz (1792), că numai două corpuri concură la nutriția plantei: apa și aerul atmosferic. Însuși Jean Senebier aderă la această opinie care este generală în perioada cînd Saussure întreprinde lucrările sale; el crede că și carbonul poate fi absorbit din bioxidul

de carbon dizolvat în apa cuprinsă în sol. În realitate, era o perioadă de presupuneri; fiecare autor edifica o ipoteză după propria-i fantezie. Acordul nu domnește decît asupra a două puncte:

1. Sărurile sînt fie toxice, fie lipsite de orice capacitate nutritivă.

2. Îngrășămintele, ale căror avantaje sînt recunoscute, au numai un rol indirect, neesențial, de protejare sau de ordin mecanic.

Incinerarea și analiza (metode utilizate începînd cu F. Redi, 1650) relevă, fără îndoială, prezența în țesuturile plantelor a corpurilor minerale sau de altă natură a căror origine nu poate fi atribuită numai complexului apă-aer. Specialiștii nu-și fac însă griji pentru atîta lucru; și invocarea unui principiu vital specific „operei de vegetație" este suficient pentru a calma spiritele. Conceptul de nutriție imaginat în cadrul unei gîndiri apriori nu poate duce decît la postularea acestei „forțe vitale". Naturaliști celebri, ca Bonnet și Duhamel, au recurs la ea. Pămîntul și sărurile conținute în plante rezultă din transmutarea apei, spunea Wallerius; o jumătate de secol mai tîrziu se credea încă la fel sau aproximativ la fel.

În legătură cu acest faimos vitalism, se admite că humusul, care provine din descompunerea plantelor, nu poate să aibă o origine minerală. După părerea lui Wallerius, humusul derivă neîndoios din apă, dar, prin faptul că aduce o anumită „substanță grasă", el joacă un rol direct în nutriție, sărurile pe care le conține nefiind decît un accident; în ceea ce privește prezența lor, ea nu ar avea decît un efect stimulator. În 1810, A.D. Thaer susține o teorie care evidențiază același vitalism; în 1835 încă, Treviranus va proslăvi o teză foarte puțin diferită de cea a lui Wallerius. Unii vor continua chiar să creadă, împreună cu Aristotel, că planta extrage din sol o hrană gata pregătită un *pabulum vitae*, creată la originile lumii: o altă formă a aceluiași vitalism.

METODA LUI SAUSSURE. În acest climat de ignoranță și de părăsire în voia miracolului, întreprinde Saussure cercetările sale. Desigur, el dispune deja de cîteva puncte de sprijin solide. Ca urmare a descoperirilor lui Lavoisier, Berthollet aflase constituenții fundamentali ai materiei vii: carbon, hidrogen, oxigen, azot. În 1793, Lavoisier a enunțat o concepție înaintată a principiilor de nutriție a plantelor: acestea „extrag — din aerul care le înconjură, din apă și în general din regnul mineral — materialele necesare pentru organizarea lor". Priestley, Ingenhousz, Senebier au făcut unele observații hotărîtoare. Cu Saussure, se face lumină. El alege cu încredere calea „aridă și obositoare" a omului de știință, care exclude orice metodă ce nu se bizuie pe experiență, orice raționament ce nu se întemeiază exclusiv pe rațiune. Iar geniul său a constat în a menține această poziție teoretică justă și în a o transpune în practică. Respectul față de adevăr și teama de afirmație gratuită îl conduc la stabilirea a numeroase tabele de analiză și la publicarea lor, aceasta permițîndu-i judecarea condițiilor în care a lucrat, și refacerea, la nevoie, a propriilor experiențe. Străduindu-se în acest mod să stabilească bilanțurile nutriției, Saussure inventează metoda analizei cantitative (aplicată de Lavoisier în chimie), care va deveni clasică.

REZULTATE OBȚINUTE. Saussure ajunge astfel (folosind pentru prima dată sistemul metric) să desprindă o serie întreagă de fapte fundamentale:

1. Berthollet și alți cîțiva autori au admis că plantele descompun apa și își însușesc elementele ei. Saussure demonstrează aceasta experimental, și într-un mod pozitiv pentru acea epocă.

2. Priestley constatase că plantele verzi au proprietatea de a asana aerul viciat prin combustie. Ingenhousz și Senebier au arătat că frunzele verzi descompun bioxidul de carbon, eliberînd oxigen; ei au stabilit ca o asemenea acțiune se produce în cursul unei expuneri la soare, acesta din urmă intervenind nu prin căldura sa, ci prin lumină. În urma unor experiențe numeroase și minuțioase, Saussure aduce dovada că este vorba de o funcție esențială, că plantele verzi nu-și iau carbonul decît din bioxidul de carbon din aer. Pe de altă parte, el este determinat să conchidă că fixarea carbonului de către plantă este însoțită de utilizarea oxigenului din apă și a unei părți[1] a oxigenului provenit din descompunerea bioxidului de carbon (cealaltă parte fiind eliberată), și de o sporire a greutății. În felul acesta sînt puse în lumină raporturile dintre asimilarea elementelor din apă și cea a carbonului.

3. În privința azotului, Saussure se arată mai rezervat. Totuși, el stabilește că acest element provine din soluțiile existente în sol, lucru important într-o epocă în care se credea că planta își procură azotul din atmosferă.

4. Saussure edifică o întreagă operă, întru totul fundamentată, referitoare la humus și la sărurile minerale. El stabilește mai întîi o definiție a humusului, foarte apropiată de cea actuală: o substanță neagră care rezultă din descompunerea plantelor sub acțiunea combinată a oxigenului și a apei; sursă de carbon, prin oxidare, și de azot; substanță insolubilă în apă, dar înzestrată, prin sărurile pe care le conține, cu o putere fertilizantă; cenușa humusului, adaugă el, conține toate principiile cenușei provenite de la plante.

Saussure demonstrează că elementele minerale joacă un rol esențial, iar cantitatea lor redusă în plantă nu este cîtuși de puțin un indiciu al inutilității lor. Descoperă modul lor de pătrundere în plantă, care are loc totdeauna în stare dizolvată; de asemenea, precizează caracteristicile lor: concentrația scăzută a soluțiilor, absența unei capacități selective la nivelul rădăcinilor, variația vitezei de absorbție în funcție de săruri, raporturile dintre compoziția sau calitatea cenușii, pe de o parte, iar pe de alta, specia plantei, condițiile de mediu, organul studiat, chiar fazele dezvoltării sale (unele dintre observațiile enunțate în această privință nu au fost confirmate decît un secol mai tîrziu, de Macallum). De fiecare dată, se străduiește să dea faptelor stabilite prin experiențele sale explicații fizico-chimice: invocă astfel fluiditatea, viscozitatea pentru a descrie penetrația. Crede, pe de altă parte, că frunzele joacă în nutriția minerală, într-o mică măsură, un rol asemănător cu cel al

[1] Se știe în prezent că oxigenul eliberat provine din apă, și nu din descompunerea bioxidului de carbon.

rădăcinilor (elementele din sol, aflîndu-se în suspensie în atmosferă, se depun pe plantă și se dizolvă în apa de condensare)[2].

Prin opera lui Saussure, problemele de nutriție sînt deci foarte bine clarificate. Planta verde produce aproape totalitatea substanței sale plecînd de la atmosferă și apă (carbon, hidrogen, oxigen). Azotul și sărurile minerale îi sînt furnizate, în stare dizolvată, în apa din sol. Deși în cantitate redusă, acestea din urmă au o influență puternică asupra creșterii. Intervin trei medii: apa, atmosfera, solul.

B. TEORIA RESPIRAȚIEI (RESPIRAȚIE, FERMENTAȚIE, ENZIME)

RESPIRAȚIA PLANTELOR. În 1777, Lavoisier descoperea fenomenul respirației la animale. Puțin mai tîrziu (1779), Ingenhousz arăta că plantele viciază atmosfera ce le înconjură (prin florile sau rădăcinile lor) și aceasta atît ziua, cît și noaptea. Fapt confirmat de Hubert (1801) cu grîne în curs de germinație. Pe de altă parte, Lamarck nota, în *Flore française* (1778), o ciudată încălzire a spadicelui de *Arum italicum* ajuns la maturitate. Acest fenomen este evocat de Senebier (1800), care intuiește cauza în combinarea oxigenului cu carbonul. Dar abia Saussure, în 1804, apoi în memoriile sale din 1822 și 1833, pune problema respirației la plante și, pentru prima dată, o studiază amănunțit în cursul a numeroase experiențe. Funcția este decelată în cîteva dintre caracteristicile sale esențiale: se știe de atunci că viața nocturnă a plantelor verzi este asociată cu o emisie de bioxid de carbon și o absorbție de oxigen, aceasta fiind legată de o *producere de apă* (fapt nou) și o degajare de căldură; că grînele în curs de germinație respiră atît noaptea, cît și ziua. Fără s-o fi demonstrat, Saussure credea, de asemenea, că respirația plantelor verzi este continuă la lumină. Se știe de la Grischow (1819) că schimburile gazoase ale ciupercilor nu se deosebesc prin nimic de cele ce caracterizează animalele.

Dutrochet a putut susține cu tărie, în 1836, că „respirația este o funcție avînd în esență aceeași natură la plante și la animale și ea nu diferă la cele două tipuri de ființe decît prin fenomene accesorii". El arată mai cu seamă existența unei relații între mișcarea plantelor și prezența oxigenului. Un mare pas este făcut deci spre asemuirea cu respirația la animale. Totuși, teoria nu este încă stabilită. Se confundă în continuare două funcții distincte, antagoniste, dar care se suprapun în timpul zilei: pe de o parte, asimilarea carbonului (de către planta verde), a cărui sursă este bioxidul de carbon din aer, iar pe de alta, respirația. Saussure le consideră ca fiind două aspecte ale unei aceleiași funcții și le desemnează cu numele de *inspirație* nocturnă și *expirație* diurnă. Dutrochet vorbește despre un *mod normal* de respirație la lumină, planta eliberînd

[2] Lucrări recente (1955), utilizînd izotopi radioactivi, au arătat că pătrunderea elementelor minerale se face, de asemenea, și prin frunze și tulpini, de unde și efectul îngrășămintelor foliare ce se folosesc uneori.

oxigenul de care ea are nevoie, iar pe de altă parte, despre un mod *subsidiar* (noaptea).

În 1847, Ch. Lory recunoaşte cu claritate două feluri de fenomene: 1) Cele care au loc sub influenţa luminii în părţile verzi, adevărate procese de reducere însoţind fixarea carbonului şi absorbind căldură; 2) „Cele care se apropie de fenomenele chimice ale respiraţiei animale..." Din nefericire, în acest ultim caz continuitatea fenomenului nu este stabilită; doar germinarea şi înflorirea au arătat o degajare de căldură, „care are deci aceeaşi origine ca şi căldura animală."

A mai rămas de străbătut o distanţă mică pînă la marea descoperire a farmacistului Garreau, care a stabilit prin experienţe precise (1850—1851) mai întîi independenţa celor două funcţii, apoi continuitatea actului respirator şi extinderea lui la toate părţile plantei. Asemuirea cu respiraţia animală este înfăptuită, după o jumătate de secol de eforturi. Acest rezultat, în definitiv atît de mult aşteptat, şi la care ajungea în mod simultan şi Mohl (1851), ar fi trebuit să-i convingă cu uşurinţă pe savanţii epocii. N-a fost de loc aşa. Nu este oare semnificativ faptul că anexat la textul lui Garreau, în „Annales des sciences naturelles", se găseşte o notă a redacţiei (Ad. Brongniart şi J. Decaisne) contestînd dualitatea fenomenelor în cauză şi prezentînd-o ca „pe o simplă deosebire prin cuvinte"? Această deosebire nu a fost acceptată în general decît după lucrările marelui fiziolog german Julius Sachs (1832—1897). În celebrul său *Lehrbuch der Botanik* (ed. 3-a, 1873), acest autor enunţă în mod clar concepţia (complet mecanicistă) la care a ajuns secolul al XIX-lea. Începînd de la Liebig (1840), nu se mai contestă decît *căldura animală*, care rezultă dintr-un proces fizico-chimic. Respiraţia plantelor se identifică perfect cu cea a animalelor: este o combustie lentă, continuă, în sînul tuturor ţesuturilor. Absorbţia de oxigen, formarea corelativă a bioxidului de carbon şi a apei, eliberarea energiei termice (cinetice) sînt manifestările cele mai evidente ale ei. Această respiraţie este legată de mişcarea protoplasmei, de creştere, fiind însoţită totdeauna de o distrugere a alimentelor (grăsimi şi hidraţi de carbon).

Aceste rezultate marchează o etapă de la care problemele se vor situa pe planul fiziologiei generale, depăşind un mecanism oarecare prea simplist. Foarte curînd, în ultimul sfert al secolului al XIX-lea, teoria respiraţiei-combustiei, care stabileşte unele rezultate globale ale funcţiei, se dovedeşte a fi întru totul neadecvată pentru un mare număr de date riguroase stabilite, la început pe animale, apoi pe plante. Se bănuieşte un proces de o mare complexitate, şi Claude Bernard, respingînd termenul de combustie, se referă în mod mai corect la *echivalentul unei combustii*. Se ştie acum că oxigenul liber nu joacă nici un rol direct în oxidarea moleculelor organice şi că el intervine numai în faza finală (ciclul lui Krebs), după un lanţ lung de procese anaerobe. Dar această ingenioasă idee asupra raporturilor dintre respiraţie şi fermentaţie îşi are rădăcini adînci în secolul al XIX-lea[3], secol în care se observă dezvoltarea în paralel a cercetărilor referitoare la ambele fenomene, pentru ca, în sfîrşit, ele să evolueze spre concepţia modernă.

[3] Cl.Bernard (1876) vedea în mecanismul respiraţiei „o acţiune de genul fermentaţiilor".

FERMENTAŢIILE. Fermentaţiile erau cunoscute de multă vreme, dar abia din 1861, o dată cu lucrările lui Pasteur, sînt făcute descoperirile fundamentale asupra lor[4]. În 1835—1837, Cagniard de Latour descoperise înmulţirea asexuată a levurii de bere: era vorba deci de o fiinţă vie. Acest fapt important avea să-l orienteze pe Pasteur. Berthelot crezuse (1858) că fermentaţia alcoolică ar trebui să rezulte din acţiunea unei diastaze secretate de levură. Idee probabil prematură, care nu a avut ecou: Pasteur a încercat zadarnic să descopere această diastază, dar el a demonstrat că fermentaţia se datoreşte totdeauna fiinţelor vii şi că ea se desfăşoară în absenţa oxigenului; „este viaţă fără aer...“ Concepţia noastră actuală, mai largă, se extinde şi asupra tipului de fermentaţie acetică, aceasta fiind aerobă. Totuşi, marea noutate a descoperirii nu i-a scăpat nimănui, ea comportînd imense consecinţe practice şi teoretice. *Fermentaţia alcoolică* se reducea astfel la o oxidare incompletă a glucidelor datorată unor fiinţe vii, levurile (ciuperci din clasa *Ascomycetae)*, în condiţii de anaerobioză (cu formarea de alcool şi de anhidridă carbonică). Această teorie a întîmpinat o puternică opoziţie.

DIASTAZELE SAU ENZIMELE Chimistul german Buchner a marcat o nouă etapă în cercetările referitoare la fermentaţie. În 1897, acest savant a reuşit să separe, dintr-un bulion de levuri, un suc enzimatic complex pe care l-a numit *zymază*, ale cărei componente au fost de atunci izolate şi studiate. Prin acţiunea zimazei se obţine *in vitro* transformarea glucozei în alcool. Studiul acestei substanţe a constituit conţinutul unei serii de lucrări al căror ansamblu a dat naştere, în cele din urmă, enzimologiei. Începînd din 1814, Kirchhof arătase că orzul germinat acţionează ca un „catalizator“ transformînd amidonul în glucoză. Explicaţia acestui fapt a fost dată de Payen şi Persoz (1833) care au izolat, plecînd de la malţ, o *diastază*; acest nume, pe care ei l-au dat noii substanţe, este şi astăzi folosit, împreună cu acelea de enzime şi de fermenţi. De-a lungul întregului secol, descoperirea diferitelor enzime s-a succedat: emulsina (Liebig, 1837), lipaza (Cl. Bernard, 1849; Pelouze, 1855), zaharaza (Berthelot), lactaza şi tirozinaza (G. Bertrand, 1895, 1896) etc. De asemenea, au fost efectuate cercetări intense de ordin structural sau funcţional; începînd din 1898, noţiunea de reversibilitate în acţiunea diastazică era precizată (Croft-Hill).

RESPIRAŢIA ANAEROBĂ. În 1875, zoofiziologul Pflüger atrăgea atenţia asupra faptului că, atunci cînd lipseşte oxigenul, au loc descompuneri care ar sta la originea respiraţiei animale. *Respiraţia intramoleculară*, potrivit expresiei lui Pfeffer (1878—1885) — care desemna astfel procesul avînd drept consecinţă producerea anhidridei carbonice în ţesuturile vii ale plantei, în condiţii de anaerobioză —, fusese observată anterior (Rollo, 1798; Saussure, 1804; Bérard, 1821), dar în absenţa unor condiţii experimentale care să excludă orice eroare. O experienţă rămasă celebră a fost efectuată de către chimiştii francezi Lechartier şi Bellamy, în 1869. Refăcută de mai multe ori (Pasteur, 1872; Müntz, 1878) şi îmbunătăţită (Mazé, 1900; Matruchot şi Molliard, 1903;

[4] A se vedea în această privinţă studiile lui J. Jacques (p. 344) şi M. Caullery (pp. 456—457).

Molliard, 1907), ea demonstra că fermentația alcoolică este un fenomen general și că în celulele cele mai diverse ale fanerogamelor, deosebit de bogate în zaharuri, se produc fenomene fermentative dacă organele, sau chiar planta întreagă, sînt menținute într-o atmosferă închisă: în acestea are loc producerea de alcool și de anhidridă carbonică prin glicoliză anaerobă. Această noțiune esențială a fost susținută, începînd din 1903, prin lucrările lui Stoklasa și Czerny, care au pus în evidență zimaza în țesuturile cele mai variate ale plantelor și chiar ale animalelor. Din 1888, publicațiile lui Palladin, și mai cu seamă ale lui Kostîcev, trebuiau să conducă în curînd la concepția unitară, care stabilea raporturi intime între procesele aerobe și anaerobe ale respirației.

C. DUTROCHET, FONDATORUL FIZIOLOGIEI GENERALE

După Saussure, cercetările de fiziologie capătă un puternic impuls din partea medicului și naturalistului francez H. Dutrochet, atît pe plan teoretic, cît și practic. Antivitalist convins, Dutrochet dezvoltă o concepție unitară a naturii organice și minerale, care este considerată ca fiind condusă de aceleași legi fizico-chimice. În 1837, Dutrochet afirmă, ca și La Mettrie, că nu există decît o singură fiziologie, știință generală a funcțiilor pe care le au ființele vii, și speră, potrivit celor afirmate de el însuși, că primele sale încercări vor permite să se nască într-o zi „o știință nouă, *fiziologia generală*".

Lucrările lui Dutrochet se impun atenției generale printr-una dintre descoperirile cele mai marcante ale secolului, cea a osmozei (1827), și prin aplicațiile pe care i le-a dat autorul ei în studierea diverselor manifestări vitale pînă atunci neexplicate. De fapt, simultan cu deschiderea unor largi perspective fiziologiei, se inaugura un nou cîmp de cercetări pentru fizicieni. Dutrochet a observat că:

1. Anumite membrane organice au proprietatea de a lăsa să treacă apa pură, în timp ce ele opresc moleculele corpurilor dizolvate.
2. Între două soluții miscibile, inegal concentrate, separate de o membrană numită semipermeabilă, se stabilește un curent de apă (curent de „endosmoză") din soluția mai puțin concentrată spre cea mai concentrată.

Condițiile în care lucra Dutrochet nu-i permiteau să realizeze o suficient de precisă tehnică de lucru; membranele pe care le utiliza nu erau decît foarte aproximativ semipermeabile și endosmoza era perturbată de curentul de „exosmoză". Totuși, Dutrochet s-a străduit să desprindă esența fenomenului, prin experiențe repetate, în condițiile determinate și de fiecare dată diferite. El a construit un *osmometru*, pentru a putea măsura *presiunea osmotică* și a conceput un aparat mai perfecționat unde membrana ar putea fi nu de natură organică și de calitate superioară. De asemenea, el a avut ideea de a asemui celula cu un osmometru și a dedus de pe urma acestui fapt un element de explicație cu privire la circulația și ascensiunea sevei la plante. Probabil că Dutrochet s-a înșelat în anumite puncte, dar în memoriile sale găsim jalonate căile care vor marca drumul lucrărilor lui Pfeffer, H. de Vries, Van't Hoff și Arrhe-

nius. O jumătate de secol mai tîrziu, Pfeffer, după ce a reuşit să construiască un osmometru, format în principal dintr-un perete de argilă dublat cu un film de ferocianură de cupru, a putut să facă măsurători şi să stabilească date precise asupra fenomenelor de osmoză. Studiind, în anii 1883—1885, celula ca osmometru, H. de Vries a realizat frumoasa serie de lucrări referitoare la *plasmoliză* şi utilizarea celulei ca osmometru biologic. În sfîrşit, fizicienii Van't Hoff (1884) şi Arrhenius au enunţat legile osmozei şi au ajuns la o metodă de măsurare simplă şi precisă, prin criometrie[5].

D. ECONOMIA APEI

ABSORBŢIE, CIRCULAŢIE, TRANSPIRAŢIE. Apa joacă un rol capital în viaţa plantelor; constituent fundamental al protoplasmei, mediu al reacţiilor metabolice şi factor al turgescenţei, ea este totodată cea care transportă sărurile şi alte produse. După descoperirea osmozei, în 1826, cunoştinţele acumulate permiteau examinarea, pe baze acceptabile în parte, a principalelor probleme referitoare la apă: absorbţia, circulaţia, transpiraţia. De fapt, efortul susţinut al lui Dutrochet nu reuşise decît pe jumătate. Expunerea lui Alph. de Candolle (1835) demonstrează în ce stare de confuzie se găsea pe atunci acest domeniu al ştiinţei. Încă se mai vorbea, ca şi în secolul al XVII-lea, despre mişcări peristaltice, despre contractilitatea vitală. Pyrame şi Alph. de Candolle pun accentul pe forţa vitală; ea este cea care intervine în mod esenţial — şi nu forţele fizice, forţe accesorii, cum sînt osmoza şi capilaritatea — în ascensiunea sevei şi poate, de asemenea, în absorbţie (teoria spongiolelor). Ei cred că vasele nu joacă nici un rol apreciabil în conducerea lichidelor, şi că aceasta s-ar face de către spaţiile intercelulare, contractilitatea celulelor asigurînd progresarea sevei. De altfel, vitalismul se va afirma cu deosebită vigoare în acest domeniu, fiind ilustrat printr-o serie de lucrări: Godlewski (1844), Westermaier (1883), Janse (1887), Schwendener (1892), Bose (1924), Molish (1928) şi alţii. Dutrochet, ezitînd să se pronunţe asupra modului de conducere a lichidelor, a orientat totuşi bine problema. El confirma deosebirea stabilită de Hale între impuls (presiunea radiculară) şi atracţia rezultată de pe urma transpiraţiei de la nivelul frunzelor. În ambele cazuri, explicaţiile sale se întemeiau pe osmoză şi pe capilaritate; tot osmoza este, după părerea lui, cea care declanşează absorbţia la nivelul perilor absorbanţi ai rădăcinii.

De-a lungul secolului al XIX-lea, numeroase cercetări îşi propun să exploreze acest sector dificil şi totuşi atît de important al fiziologiei. H. von Mohl (1851) arată imposibilitatea de a explica prin osmoză ascensiunea sevei în ansamblul ei. J. Boehm (1863) aduce dovada conducerii lichidelor în ţesuturile moarte. Sachs studiază îndelung aceste probleme şi contribuie la conturarea principalelor lor aspecte. Reluînd critica lui Mohl împotriva osmozei, el propune o teorie a imbibiţiei potrivit căreia apa s-ar ridica în pereţii celulari,

[5] A se vedea în această privinţă studiul lui J. Jacques (pp. 342).

și nu în spațiul dintre celule; concepție al cărei caracter eronat îl demonstrează J. Vesque, în 1876. Abia Strasburger (1891) va aduce o clarificare importantă în ansamblul dezordonat de fapte și ipoteze. Opera magistrală a fiziologului german a avut o importanță decisivă. Ea pune problema cu rigurozitate — ascensiunea sevei brute se face prin golul vaselor — și relevă procese pur fizice, ale căror cauze sînt doar parțial cunoscute. Această expunere a fost urmată de numeroase critici (în special din partea lui Schwendener), dar și de remarcabilele lucrări ale lui Dixon și Joly (1894 — 1895), în Anglia, și Askenasy (1895), în Germania, care au publicat aproape simultan așa-numita teorie a *coeziunii* (a cărei primă idee îi aparține lui Boehm, 1892).

Această teorie, care s-a impus în ciuda lacunelor pe care le conținea, permite să se explice ascensiunea sevei la foarte mare înălțime. Ea se bazează, pe de o parte, pe afinitatea reciprocă a moleculelor într-un corp dat (apa, de exemplu), iar pe de alta, pe mișcarea ce poate fi transmisă unui *sistem coerent* definit. Acest sistem s-ar găsi realizat la plante astfel: moleculele de apă eliberate prin evaporare la nivelul frunzelor sînt înlocuite treptat cu moleculele lichide cele mai apropiate (afinități între fazele lichidă și solidă, adică îmbibarea pereților celulari din frunze), ansamblul sistemului, cu vasele sale umplute cu apă, reprezentînd o masă continuă de lichid, alimentată în mod constant la bază (ca urmare a porozității solurilor). Ulterior, lucrările lui Renner (1910), Bode (1923), Mac Dougal (1929) au contribuit la dezvoltarea și cristalizarea acestei teorii.

Astfel, la sfîrșitul secolului al XIX-lea, știința dispunea de principalele elemente faptice care i-au permis să dea o explicație destul de satisfăcătoare ansamblului de probleme referitoare la apa din plante. Osmoză, capilaritate, imbibiție, coeziune, acestea sînt și în prezent forțele invocate pentru a se explica absorbția, circulația orizontală, ascensiunea apei în corpul plantei. Bineînțeles, lucrările au fost continuate și multe puncte obscure au fost elucidate; rezultatele obținute de De Vries, iar apoi, începînd din 1916, de către Ursprung, cu privire la osmoza în celule, i-au redat acestei noțiuni toată importanța pe care i-o atribuia Dutrochet. Ursprung, în special, a arătat că forța de sugere a celulei, capacitatea ei de absorbție, nu trebuie să fie confundată cu presiunea osmotică, aceasta din urmă putînd fi foarte ridicată chiar atunci cînd tensiunea peretului celular împiedică orice absorbție. Lucrările lui Ursprung au permis să se înțeleagă absorbția și circulația apei în parenchime, precum și trecerea ei prin vase; de asemenea, într-un mod general, aprovizionarea cu apă a întregului organism, invocîndu-se nu presiunea osmotică, ci puterea absorbantă (deci presiunea osmotică diminuată de presiunea exercitată de pereți) — care este legată de localizarea celulei în țesut și în organism.

TRANSPIRAȚIA. Acest fenomen a atras atenția fiziologilor începînd cu lucrările lui Stephen Hales, care a arătat rolul important al evaporării (la nivelul frunzelor) în ascensiunea sevei. Lucrările lui Garreau (1849), devenite clasice, au stabilit că transpirația frunzelor depinde, în condițiile date, în primul rînd de numărul stomatelor; că ea se manifestă, deși slab, și pe suprafețele foliare lipsite de stomate. Funcționarea celulelor stomatice, încă greșit înțeleasă în zilele noastre, a fost în parte elucidată de Von Mohl (1856), ale cărui

lucrări au arătat rolul turgescenţei. În 1878, J. Vesque a pus în evidenţă o apreciabilă transpiraţie cuticulară la nivelul părţilor aeriene ale plantelor tinere. Se punea întrebarea, care sînt factorii externi şi interni ce condiţionează acest fenomen şi care este mărimea evaporării ale cărei efecte asupra climatului sînt cunoscute. Toate aceste chestiuni au format obiectul unor cercetări; s-au măsurat pierderile de apă, care sînt enorme, s-a precizat influenţa căldurii, a umidităţii atmosferei, a luminii, dar cercetări cu adevărat active şi intense asupra transpiraţiei nu vor fi întreprinse decît la începutul secolului al XX-lea.

SUBSTANŢELE ÎN SOLUŢIE: PENETRAŢIE, REPARTIŢIE. SEVA ELABORATĂ. În decursul întreg secolului al XIX-lea şi mai cu seamă sub impulsul lui Von Mohl, Naegeli, Sachs, Pfeffer şi De Vries, cercetările referitoare la permeabilitatea celulară se desfăşurau în mod activ. Pe deplin convins de complexitatea problemei, Saussure (1804) a încercat să demonstreze nu numai rolul elementelor minerale din sol, dar şi faptul că ele pătrund în plantă totdeauna în stare de soluţie. În 1810, Rufz de Lavison stabilea rolul endodermului în selecţionarea substanţelor dizolvate. Refuzate de citoplasma parenchimelor din rădăcină, aceste substanţe pot să pătrundă totuşi în perii absorbanţi şi să circule pînă la endoderm prin simplul joc al legilor fizice, înaintînd de-a lungul pereţilor pectocelulozici. În endoderm însă, aceşti pereţi sînt dublaţi de un cadru suberizat, impermeabil: străbaterea citoplasmei devine obligatorie aici pentru substanţele destinate circulaţiei generale.

Pfeffer ne oferă, pentru prima dată, o teorie a permeabilităţii celulare pentru apă şi pentru soluţii; în cartea sa, *Osmotische Untersuchungen* (1877), el stabileşte un raport între pătrunderea anumitor substanţe în citoplasmă, pe de o parte, fineţea membranei plasmatice şi afinitatea substanţei în cauză faţă de această membrană, pe de alta. Lucrările lui Pfeffer conduc direct la cele cu caracter fundamental ale lui C.E. Overton (teoria lipoidică şi noţiunea de pătrundere activă sau adenoidă) şi, începînd din 1900, la cercetările moderne.

Studiile referitoare la seva elaborată, adică la apa încărcată cu produse organice solubile provenind din activitatea metabolică, nu sînt cu adevărat semnificative decît începînd din a doua jumătate a secolului al XX-lea, mai cu seamă cele ale lui Sachs şi Pfeffer. Malpighi afirmase că seva brută se ridică prin cilindrul central pînă la frunze, pentru a coborî apoi, sub formă de sevă elaborată, prin tuburile liberiene ale manşonului periferic. Această opinie a fost confirmată de Th. Hartig (1837), care a făcut temeinice studii anatomice şi experimentale asupra ţesuturilor în cauză. Rectificări importante ale acestor puncte de vedere au fost aduse de către lucrările moderne.

ABSORBŢIA ŞI CIRCULAŢIA GAZELOR. Botanistul german Treviranus descoperă meaturile intercelulare (1806), dar crede că acestea sînt destinate circulaţiei sevei. Meritul de a fi recunoscut rolul lor în conducerea gazelor îi revine lui Amici (1823). Cîteva chestiuni care suscitau un interes imediat (rolul stomatelor şi al lenticelelor, al pereţilor cutinizaţi, permeabilitatea epidermelor în plantele fără stomate) au fost rezolvate, uneori nu fără dificultăţi, de-a lungul secolului (Dutrochet, 1832; Garreau, Sachs). Multe dintre aceste preocupări

erau strîns legate de problema generală a absorbţiei şi a circulaţiei lichidelor. Gazele pătrund în interiorul celulei în stare dizolvată (în apă sau în însăşi substanţa plasmatică), în virtutea unui mecanism care reglează pătrunderea soluţiilor.

E. NUTRIŢIA MINERALĂ

Rezultatele obţinute şi exprimate într-un mod atît de clar de Saussure, începînd din 1804, nu au avut, timp de mai multe decenii, aproape nici un efect pe plan ştiinţific. Ele au deschis totuşi un drum care s-a dovedit a fi de o uluitoare fecunditate. Lucrările lui J.L. Lessaigne (1821), G.S. Schübler (1830), W.A. Lampadius (1832), P.E. Jablonski (1836), C.S. Sprengel (între 1826 şi 1852) jalonează acest drum, înainte de etapa decisivă marcată de A.F. Wiegmann şi L. Polstroff (1880—1881) care demonstrează, cu ajutorul unei tehnici exacte, rolul complex şi originea elementelor minerale elucidate prin analiza plantelor: confirmare definitivă atît a absurdităţii concepţiilor vitaliste, cît şi a exactităţii concluziilor lui Saussure.

JULIEN VON LIEBIG. Liebig marchează o dată importantă în istoria chimiei, precum şi a chimiei biologice şi agricole. El nu numai că a îmbogăţit cunoştinţele noastre cu descoperiri fundamentale, dar a dat un foarte puternic impuls dezvoltării învăţămîntului şi cercetării, într-un spirit viguros pozitiv. Prin renumita sa teorie minerală a îngrăşămintelor, el susţine cu pasiune că humusul nu aduce nici o contribuţie la fertilitata solurilor, că planta se hrăneşte cu săruri minerale şi cu apă, şi că ea îşi procură carbonul şi azotul (sub formă amoniacală)[6] din atmosferă. Admite o anumită asimilare a bioxidului de carbon în anumite condiţii, de către rădăcini. Deşi părerea lui referitoare la originea azotului absorbit de plante este cu totul eronată, el are totuşi meritul de a fi demonstrat că acest element nu este folosit în formă combinată. Concepţia sa cu privire la sărurile minerale îl conduce la definirea legilor fundamentale ale agriculturii: principiile minerale se găsesc în sol în cantităţi limitate şi ceea ce este luat din sol de plantele cultivate trebuie să-i fie restituit ulterior.

După ce a fost extrem de utilă la un moment dat, concepţia lui Liebig referitoare la sol şi la humus s-a dovedit curînd a fi neadecvată. O altă concepţie trebuia să i se substituie, ca urmare a lucrărilor lui Pasteur. Această concepţie este şi astăzi actuală.

ELEMENTE MINERALE. Pentru prima dată în 1860, este pusă la punct o tehnică de cultură pe soluţie de săruri minerale de către fiziologul german J. Sachs, care deschidea astfel unul dintre capitolele cele mai importante ale fiziologiei moderne. Numeroase formule de lichide sintetice au fost stabilite ulte-

[6] Azotul amoniacal există în atmosferă doar în cantităţi foarte mici.

rior (Raulin, 1863, 1870; Knop, 1865; E. Wolff, 1866; Pfeffer, 1900); cea a lui Jules Raulin, un elev al lui Pasteur, a avut un răsunet deosebit: ea permitea cultivarea unei ciuperci *(Aspergillus niger)* în condiţii optime de creştere.

Alăturîndu-se metodei analitice, metoda sintetică a mediilor de cultură urma să permită progrese rapide, în special cunoaşterea caracterului de necesitate absolută a 10 corpuri simple în alimentaţia minerală a plantelor, 6 macroelemente intervenind în cantităţi importante: azot, fosfor (G. Ville, 1853—1860), sulf (Birner şi Lucanus, 1866), calciu (Salm-Horstmar, 1856), potasiu (Birner şi Lucanus, 1865; Nobbe, 1870), magneziu (Saussure, 1804); Von Raumer, 1883; Wilstaetter, 1906); şi 4 corpuri catalitice jucînd un rol în doze infime: fier (Gris, 1843—1844; Raulin, 1869), zinc (Raulin, 1859), mangan (G. Bertrand, 1897, 1905), bor (Agulhon, 1910). Dacă se ţine seama de carbon, de hidrogen şi de oxigen, se obţine un total de 13 elemente. A fost recunoscută de atunci necesitatea cuprului, a molibdenului (şi a clorului în anumite cazuri), dar nichelul, cobaltul, aluminiul etc. rămîn contestate.

F. NUTRIŢIA AZOTATĂ

În nutriţia azotată a plantelor superioare, trebuie să se deosebească, pe de o parte, aprovizionarea (sursele, formele, procesele şi căile de absorbţie), iar pe de alta, utilizarea (proteo-sinteza, migraţia). Cu toată complexitatea şi deosebita lor noutate, numeroasele probleme referitoare la primul aspect au fost aproape toate rezolvate în decursul celei de-a doua jumătăţi a secolului al XIX-lea.

BOUSSINGAULT ŞI VINOGRADSKI: NITRAŢII ŞI NITRIFICAREA. Azotul, element esenţial al aminoacizilor, al proteinelor şi al altor compuşi din celula vegetală, există în mari cantităţi în atmosferă, sub formă liberă moleculară, şi în sol, sub diverse forme. Care sînt raporturile dintre plantă şi acest azot?

În 1837, nu se ştia nimic precis în legătură cu ceea ce ştiinţa modernă numeşte ciclul azotului. Atunci întreprinde Boussingault o primă serie de cercetări. Agronom genial, în spiţa lui Th. de Saussure, cu care se aseamănă în multe privinţe: bun-simţ şi echilibru, fecunditate a imaginaţiei, cutezanţă metodologică, predilecţie pentru cantitativ şi rigurozitate experimentală. Boussingault trebuie să fie considerat, împreună cu contemporanii săi Liebig şi G.I. Mulder, ca fondator al chimiei agricole. El a creat prima staţiune agronomică în 1836; pentru prima dată, el a experimentat în cîmp, pe ansambluri; lucrările sale asupra valorii alimentare a produselor vegetale, asupra asolamentelor, asupra nitraţilor au fost determinante, de o mare însemnătate practică şi teoretică.

În cursul primelor sale experienţe (1837—1838), el se străduieşte să afle dacă azotul liber din aer poate fi fixat de către plante, dar rezultatele pe care le obţine i se par contradictorii. Constată că anumite plante (trifoiul, mazărea) dezvoltate pe un sol artificial, fără materie minerală şi organică, sînt

mai bogate în azot decît semințele din care provin: nu există un excedent de azot în cazul grîului sau al orzului. Mult mai tîrziu, o nouă serie de cercetări (1851—1855) îl conduc la o concluzie fermă: azotul liber din aer nu este utilizat în mod direct de către plante. Acest rezultat este confirmat de cercetătorii englezi J.B. Lawes și E. Pugh (1861).

Boussingault a studiat mult diversele forme de azot din sol, în special formarea nitraților. Una dintre cele mai celebre experiențe a durat din 1860 și pînă în 1871. Probe de pămînt analizate în mod riguros sînt închise ermetic în recipiente mari. La sfîrșitul experienței, se constată că, deși cantitatea totală de azot nu a crescut, a avut loc o creștere a cantității de azot nitric. Deci, fără vreun fel de adaos de azot liber, a avut loc o nitrificare, adică oxidarea azotului amoniacal din sol. Acest rezultat reprezenta un pas fundamental spre cunoașterea procesului studiat, desăvîrșită ulterior în două etape. În 1877 (începînd din 1862, Pasteur orientase, cercetările în această direcție), doi elevi ai lui Boussingault, J.J.Th. Schloesing și A. Müntz, arătau că nitrificarea este un fenomen biologic. În sfîrșit, în anii 1890—1891, eminentul bacteriolog rus S. Vinogradski descoperea microorganismele nitrificatoare (bacterii autotrofe, aerobe) și definea principiile esențiale ale nitrificării, distingînd nitrobacteriile și nitribacteriile. În plus, s-a demonstrat, pentru prima dată, că anumite organisme pot să trăiască și să se dezvolte în absența oricărei urme de materie organică, în medii minerale pure.

La numele lui Boussingault trebuie asociat cel al lui Georges Ville, care a demonstrat acțiunea energică a nitraților asupra creșterii plantelor.

DENITRIFICAREA. Înainte chiar de lucrările lui Vinogradski asupra naturii biologice a nitrificării, anumiți autori au pus în evidență fenomenul invers. Începînd din 1875, Meusel reușește să oprească reducerea nitraților prin acțiunea antiseptică. Lucrările lui P.P. Dehérain și L. Maquenne (1882), și mai cu seamă cele ale lui Gayon și Dupetit, definesc denitrificarea. Organismele reducătoare sînt izolate și cultivate *in vitro*. Acest fenomen, avînd o importanță capitală pentru agricultură, a fost obiectul a numeroase studii, printre care cele ale lui E. Laurent (1888—1890), care demonstrează că anumite ciuperci *(Alternaria, Penicillium)* sînt organisme înzestrate cu capacitate reductoare.

AZOTUL AMONIACAL. Diverse lucrări (Schloesing, 1874; Müntz, 1889; P. Mazé, 1898) au dovedit că plantele superioare sînt capabile să absoarbă și să asimileze azotul mineral, nu numai sub formă nitrică (nitrați), dar și sub formă amoniacală; cu condiția, totuși, ca el să-i fie dat plantei într-o concentrație foarte slabă. Mai tîrziu (1909), M. Molliard a adus dovada experimentală că plantele superioare, cultivate într-un mediu aseptic, pot să absoarbă și să asimileze azotul în combinație organică (alantoină, acid uric, glicocol).

FIXAREA AZOTULUI LIBER DE CĂTRE SOLURILE GOALE: BERTHELOT, VINOGRADSKI ȘI BEIJERINCK. Începînd din 1882, se deschide un cîmp nou de cercetări, deosebit de fecund, prin lucrările lui Marcelin Berthelot. Solurile goale — al căror conținut în azot combinat a fost determinat cu precizie—, menținute în condiții experimentale riguros stabilite se îmbogățesc, în mod progresiv, în azot combinat. Soluri martore, supuse aceluiași experiment, dar încălzite în prealabil la peste 100°, se caracterizează printr-un conținut constant de azot. Berthelot trage concluzia că îmbogățirea în azot combinat trebuie să fie pusă pe seama activității microorganismelor capabile să fixeze azotul atmosferic.

În 1893, Vinogradski descoperă în sol o bacterie anaerobă, *Clostridium pasteurianum*. Această bacterie nu poate trăi în prezența oxigenului, ci numai într-un mediu glucozat, în atmosferă de azot. În natură, ea este aproape întotdeauna asociată cu alte bacterii și acestea sînt aerobe. Admirabilele lucrări ale lui Vinogradski, căruia i se datorează de asemenea celebra descoperire (1887) a chimiosintezei bacteriilor sulfuroase, au fost urmate, în 1901, de acelea ale marelui savant olandez Beijerinck, cunoscut deja pentru importanta sa contribuție la studierea bolilor de natură virotică ale plantelor. Beijerinck descoperă o bacterie aerobă cu care constituie genul *Azotobacter*. El arată că, într-un mediu neacid, într-o soluție glucozată, azotobacteriile asimilează activ azotul atmosferic. Astfel, prin acest ansamblu de lucrări, a fost adusă dovada fixării în sol a azotului liber din aer.

NODOZITĂȚILE BACTERIENE ALE LEGUMINOASELOR ȘI FIXAREA AZOTULUI LIBER: HELLRIEGEL ȘI WILFARTH. În 1866, botanistul rus M.S. Voronin a demonstrat că nodozitățile radiculare ale leguminoaselor sînt pline cu bacterii. Anterior, observația empirică a agricultorilor și cercetările mai multor fiziologi au scos în evidență rolul de factor *ameliorator* al solului, pe care-l îndeplinesc leguminoasele. În 1886—1887, agronomii germani Hellriegel și Wilfarth demonstrează, printr-o serie de experiențe impecabile, faptul că leguminoasele au capacitatea de a crește într-un mediu lipsit de azot combinat, asimilînd azotul liber din aer, și aceasta datorită nodozităților care se găsesc pe rădăcinile lor. Experiențele au fost confirmate și dezvoltate ulterior (E. Bréal, Beijerinck, Prazmowski, Schloesing fiul și Laurent, Mazé). Beijerinck a reușit să cultive bacteria *in vitro*, iar Franck (1890) a numit-o *Rhizobium leguminosarum*. Ulterior, au fost identificate mai multe specii.

În rezumat, faptele evidențiate între anii 1838 și 1900 relevă principalele aspecte privitoare la circuitul azotului în natură. Ciclul este descris în întregime: azotul liber din atmosferă, azotul combinat din sol, azotul organic fiind legat datorită, pe de o parte, activității anumitor bacterii, iar pe de alta, puternicei capacități pe care o au plantele verzi de a sintetiza proteinele cele mai complexe. Dezvoltarea intensă, începînd din 1860, a acestui domeniu al științei nu a fost posibilă decît cu concursul fundamental al bacteriologiei,

știință nouă, născută ca urmare a lucrărilor lui Pasteur. Concepției unui sol inert, static i-a succedat o concepție dinamică și biologică a solului, revoluționară prin imensele ei consecințe teoretice și practice.

În ceea ce privește metabolismul substanțelor proteice în plantă, au fost evidențiate cîteva aspecte importante spre sfîrșitul secolului al XIX-lea (Pfeffer, Sachs, E. Schulze, D.N. Prianicinikov etc.), dar mecanismele biochimice implicate în acest fenomen sînt de o asemenea complexitate, încît la acea epocă nu puteau da naștere la investigații cu adevărat fructuoase.

G. NUTRIȚIA CARBONATĂ

FOTOSINTEZA CLOROFILIANĂ. Plantele cu clorofilă și unele bacterii au capacitatea de a fixa carbonul mineral. Ele sintetizează la lumină, din acid carbonic și apă, substanțe organice. Fenomenul este însoțit, pe de o parte, de eliberare de oxigen, iar pe de alta, de transformarea energiei luminoase în energie chimică. Revelată între anii 1772 și 1804 de Priestley, Ingenhousz, Senebier, Saussure, acestă funcție importantă a suscitat un mare număr de lucrări; cercetări mai intense nu încep însă decît după publicarea memoriului lui A. Gris (1857), *Studiu microscopic al clorofilei și al dezvoltării ei*. Din perioada anterioară sînt de amintit doar cîțiva autori: P. Pelletier și J. Caventou, cărora li se datorește numele de clorofilă (1818), Dutrochet (1837), Garreau (1850) și de asemenea fizicianul și medicul german Robert Mayer care a enunțat (1845) ideea că plantele verzi efectuează sinteza substanțelor organice transformînd energia luminoasă în energie chimică. În 1860, Edmond Frémy atrage atenția asupra faptului că în clorofilă pot fi distinse două principii: unul albastru, altul galben. Dar abia peste cîțiva ani cercetarea va cunoaște o nouă dezvoltare[7].

JULIUS VON SACHS. Hugo von Mohl a descoperit prezența granulelor de amidon în clorofilă (1845, 1855) și Naegeli a făcut în această privință un foarte frumos studiu de morfologie (1848). H. von Mohl semnalase existența clorofilei cu mult timp înainte de a se fi evidențiat amidonul. Gris (1857) a observat chiar că amidonul conținut în clorofilă dispare la întuneric în decurs de cîteva zile. Sachs reușește să sesizeze semnificația profundă a acestor fapte și să elucideze raportul funcțional dintre ele. Prin cîteva experiențe foarte simple (1862—1864), marele fiziolog demonstrează că amidonul este un produs al activității clorofiliene în condiții de lumină. În felul acesta, este stabilită, pentru prima dată, o relație directă între lumină și formarea unuia dintre

[7] Termenul de fotosinteză este datorat lui C.R. Barnes (1898).

principalii produşi ai asimilaţiei. Sachs putea să precizeze: 1) că la anumite plante, lipsite de amidon, poate fi sintetizată o substanţă analogă unui zahar; 2) că amidonul poate nu este produsul imediat al activităţii de fotosinteză. Lui Sachs îi datorăm ecuaţia, rămasă mult timp clasică, a fotosintezei:

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{energia solară} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2.$$

CERCETĂRI DIVERSE. Aproximativ în aceeaşi epocă (1864), Boussingault studiază de asemenea fotosinteza, cu rezultate pozitive. El arată că volumul bioxidului de carbon absorbit de plantă este în mod sensibil[8] egal cu volumul oxigenului degajat, lucru întrevăzut deja de Saussure şi care va fi confirmat de Maquenne şi Demoussy (1912). Stabileşte că asimilarea carbonului necesită asocierea dintre plastide şi pigment. În 1881, Engelmann imaginează o metodă fiziologică, denumită *metoda bacteriilor*. Fiind extrem de sensibilă la prezenţa oxigenului, metoda a fost pe larg utilizată în studierea fotosintezei; ea l-a condus pe Engelmann la enunţarea celebrei sale teorii privind adaptarea algelor roşii la mari adîncimi. Încă de la începutul secolului al XX-lea, ideile asupra factorilor interni şi externi (factorii limitanţi ai lui Blackman, 1905) care ar interveni în activitatea fotosintetică erau destul de bine precizate. Lucrările lui Blackman asupra rolului concentraţiei CO_2 din atmosferă, cele ale lui Timireazev (1877) şi Engelmann asupra marii activităţi a radiaţiilor roşii şi portocalii sînt şi astăzi valabile. De asemenea, efectele temperaturii şi intensităţii luminii sînt cercetate în amănunt. Studiul aprofundat al acţiunii acestor doi factori asupra fotosintezei avea să ducă ulterior la deosebirea a două faze: o reacţie de *lumină*, urmată de o reacţie *de întuneric* (influenţată de temperatură). Încă din 1870, Baeyer emitea ipoteza unui mecanism comportînd doi timpi; etape postulate, de asemenea, de Boussingault (1860).

În altă ordine de idei, E. Schunck şi L. Marchlewski stabilesc (1894) o asemănare chimică între hemoglobina din sînge şi clorofilă, considerate atît una cît şi cealaltă ca derivaţi ai pirolului. Cam în aceeaşi epocă (1894—1896), H. Molish izolează ficoeritrina florideelor, ficocianina cianoficeelor. Studiul chimic al pigmentului va face progrese rapide începînd din 1906, cînd M. Tswett va reuşi, cu ajutorul unor tehnici remarcabile, să împingă foarte departe analiza clorofilei.

H. MIŞCĂRILE PLANTELOR. CREŞTEREA

Începînd din secolul al XVII-lea, unele mişcări ale plantelor (tactisme, nastii, tropisme, nutaţie) au început să-i intereseze pe naturalişti. Dar abia în 1806, cu eminentul savant englez T.A. Knight, sînt întreprinse primele mari lucrări experimentale asupra unei anumite mişcări: creşterea. Knight pune

[8] Rezultatul fiind influenţat într-o anumită măsură de manifestarea simultană a fenomenului de respiraţie.

în evidență, cu ajutorul unor procedee ingenioase, acțiunea gravitației asupra creșterii verticale a tulpinilor. El arată, de asemenea, în 1811, că orientarea rădăcinilor depinde de umiditatea solului, fapt pe care avea să-l confirme Johnson (1828). Dar concepțiile care domnesc atît în acest domeniu, cît și în multe altele, țin în general de filozofia naturii. Dutrochet (1822) și Mohl (1827) se opun în mod hotărît acesteia și prezintă fapte anatomice și argumente mecanice.

A doua jumătate a secolului este caracterizată prin înmulțirea cercetărilor într-un ritm foarte rapid. Lucrările cele mai notorii sînt semnate de nume cunoscute: Sachs (1868), Boussingault, Darwin (1822), Pfeffer[9] (1904)... O serie de lucrări, inițiate de Darwin și reluate de Fitting (1907), conduc, în sfîrșit, la Boysen-Jensen (1910—1911) și la descoperirea hormonilor vegetali, un capitol nou al biologiei contemporane.

[9] Fiziologul român EMANOIL TEODORESCU (1866—1899) a studiat fenomenul nutației, în lucrarea sa *Nutation révolutive de tiges volubiles* („Ann. des sciences naturelles", Botanique, 10-e série, t. VII, pp. 441—642), în care a arătat — contrar părerilor specialiștilor și în special contrar afirmațiilor lui Darwin — că învîrtirea plantei în jurul suportului nu se face într-un chip continuu, ci prin sacade. — *C.M.*

CAPITOLUL VI

Fiziologia animală

Anatomia descriptivă şi comparată, sub diversele sale aspecte, furnizează ample informaţii asupra naturii organelor şi structurii lor şi permite să se recunoască, cu mai multă sau mai puţină exactitate, rolul lor; dar cunoaşterea precisă a funcţiilor lor constituie o disciplină distinctă, *fiziologia*, care se întemeiază în mod esenţial pe experienţe *in vitro*. Prin aceasta, biologia se apropie de fizică şi chimie, dar pe un teren infinit mai complex. Aparatele în cauză au o funcţionare foarte delicată şi interferează strîns între ele. La începutul oricărui studiu, problema examinată trebuie delimitată cu grijă şi cercetată în condiţii riguros definite.

Dacă au existat, înainte de secolul al XIX-lea, cîteva cercetări de fiziologie, dintre care cele mai remarcabile sînt ale lui Harvey cu privire la circulaţie şi ale lui Lavoisier asupra respiraţiei, totuşi, abia începînd cu secolul al XIX-lea, fiziologia a putut să-şi ia avîntul şi să-şi cristalizeze metodele. În această operă fundamentală, un nume domină pe toate celelalte: cel al lui Claude Bernard. Una dintre lucrările sale, *Introduction à l'étude de la medicine expérimentale*, rămîne încă, în multe privinţe, codul metodologic al fiziologiei moderne.

A. FIZIOLOGIA ÎN FRANŢA

PRIMELE LUCRĂRI ŞI PRIMELE CONCEPŢII. Lavoisier poate fi privit ca fondatorul acestei ştiinţe, prin studiile sale asupra respiraţiei, pe care el o reduce la o combustie, şi prin cercetările asupra căldurii animale. Dacă viaţa lui nu ar fi fost curmată prematur de Revoluţie, el ar fi adăugat probabil primelor sale lucrări alte contribuţii importante. Este foarte semnificativ să evidenţiem şi ideile unui alt om de valoare indiscutabilă, X. Bichat (1771—1802), mort în plină tinereţe, fără să-şi fi putut aduce o contribuţie pe măsura puterilor sale. Bichat a respins principiul general — fictiv — al unei forţe vitale care dirijează ansamblul manifestărilor vieţii, totuşi el a „descentralizat" doar această forţă.

„Fizica, chimia, scria el în 1800, în *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, se ating pentru că aceleași legi guvernează fenomenele lor, dar o distanță uriașă le separă de știința corpurilor organizate, deoarece există o diferență enormă între legile lor și cele ale vieții. A spune că fiziologia este fizica animalelor înseamnă a da o idee extrem de inexactă asupra acestui domeniu. Aș putea spune tot atît de bine că astronomia este fiziologia astrelor".

Aceste cîteva rînduri permit evaluarea revoluției care trebuia să se desăvîrșească pentru ca fiziologia să ajungă la actualul său statut științific.

În cadrul regnului vegetal, schimburile gazoase dintre plante și atmosferă au început să fie studiate — după cum o demonstrează lucrările lui Lavoisier și *Physiologie végétale*, publicată de Senebier din Geneva — între anii 1782 și 1788. Dutrochet, care a descoperit fenomenul de *osmoză*, avea intuiția unității mecanismelor fiziologice în cele două regnuri.

„Nu există, spunea el, decît o singură fiziologie, știință generală a funcționării ființelor vii.

Încercările de a utiliza fenomenele fizice la explicarea proceselor fiziologice, scria el de asemenea, tind să determine dispariția misticismului pe care fiziologii *finaliști* l-au introdus în fiziologie".

Unul dintre contemporanii lui Bichat, a cărui viață a fost, de asemenea, destul de scurtă și plină de greutăți materiale, Legallois (1770—1814), practician al medicinii, a experimentat cu precizie pe sistemul nervos al cobailor, iepurilor și pisicilor, și a precizat, pe măduva spinării, poziția *nodului vital*, observat și de Lorry în secolul al XVIII-lea; el a arătat că rolul său este de a coordona mișcările respiratorii (*Expériences sur le principe de la vie*, 18.2).

MAGENDIE. Principala figură a fiziologiei în prima jumătate a secolului al XIX-lea este cea a lui François Magendie (1783—1855), care a avut marele merit de a fi reacționat puternic împotriva concepțiilor vitaliste, de a fi plasat definitiv fiziologia pe terenul experimental, în opoziție cu ideile lui Bichat, și de a fi căutat metodic, în agenții fizici și chimici, explicația faptelor fiziologice, avînd ca preocupare majoră faptul de a nu depăși rezultatele fiecărei experiențe (cf. *Cîteva idei generale asupra fenomenelor specifice corpurilor vii*, în „Bulletin des sciences médicales", 1809). Pe lîngă aceasta, el voia să propage concepțiile sale și, în acest scop, a inițiat un curs particular de fiziologie în cadrul căruia experimenta în fața auditorilor săi. De aici s-a născut, în 1816, un *Précis de physiologie*, cu totul diferit de lucrările timpului și care a cunoscut o largă răspîndire în Europa. Ales, în 1821, în Academia de Științe,el i-a urmat, în 1830, lui Laennec la catedra de medicină de la Collège de France. Spre indignarea contemporanilor săi, Magendie

a instalat acolo un laborator şi a instaurat astfel metoda experimentală în fiziologie. Căuta întotdeauna să stabilească fapte indiscutabile:

„Oricine, spunea el cu simplitate, se compară în sfera sa de activitate cu ceva mai mult sau mai puţin măreţ, cu Arhimede, cu Michel Angelo, cu Newton, cu Galilei, cu Descartes; Ludovic al XIV-lea se compara cu Soarele. În ceea ce mă priveşte, sînt mult mai umil: eu mă compar cu un strîngător de zdrenţe. Cu cîrligul în mînă şi cu coşul în spate, străbat domeniul ştiinţei şi adun ceea ce găsesc".

Această metodă riguroasă şi meticuloasă este ilustrată prin cercetările sale asupra funcţiilor nervilor rahidieni. În 1811, anatomistul englez Charles Bell (1774—1842) concepea, fără a deţine o dovadă precisă, că partea ventrală a măduvei spinării este calea prin care se exercită funcţiile superioare ale creierului, care asigură motilitatea şi sensibilitatea, şi că partea dorsală trebuie să exercite funcţii mai modeste, a căror origine este în cerebel: nutriţia şi vitalitatea. Pentru a dovedi acest lucru, el a secţionat la un animal viu rădăcina posterioară a nervilor rahidieni fără a constata o reacţie motrice şi, dimpotrivă, ciupind rădăcina auterioară a nervilor rahidieni a provocat contracţii musculare.

Fără să cunoască rezultatele lui Bell, Magendie s-a dedicat, la rîndul său, în 1822, studiului proprietăţilor pe care le au rădăcinile nervilor rahidieni. El a secţionat nu numai rădăcina posterioară, ci, separat sau simultan, şi rădăcina anterioară, apoi a excitat metodic capătul central şi capătul periferic. A folosit, de asemenea, unele otrăvuri, ca nuca vomică. Convulsiile nu mai au loc cînd rădăcinile anterioare sînt secţionate. Astfel, experienţa dovedea că rădăcinile anterioare sînt formate din fibre motoare, iar rădăcinile posterioare din fibre senzitive. Bell, despre care Cl. Bernard spunea că era „mai mult meditativ decît experimental", nu a ştiut să vadă decît o parte din realitate. Totuşi, în lunile următoare, Magendie constata că rădăcinile anterioare sînt şi ele senzitive. El a semnalat fără întîrziere acest paradox şi a continuat să experimenteze timp de mai mulţi ani; în sfîrşit, a descoperit că unele fibre senzitive, provenind din rădăcina posterioară, pătrund în rădăcina anterioară conferindu-i o sensibilitate zisă recurentă. Interesul acestor amănunte constă în aceea că ele subliniază exactitatea experimentală a metodei lui Magendie.

FLOURENS. Un alt fiziolog francez, puţin mai tînăr decît Magendie, P. Flourens[1] (1794—1867), care a avut de asemenea un loc însemnat în biologia franceză, a profesat la Muséum şi la Collège de France. A fost profund influenţat de Cuvier. Pe de altă parte, s-a dovedit a fi un experimentator abil şi perspicace. Flourens a precizat, după Legallois, localizarea centrului respirator. Înlăturînd totalitatea emisferelor cerebrale ale unor porumbei, el a arătat

[1] Flourens a fost un critic acerb al darvinismului, combătînd cu energie evoluţionismul pentru care a inventat expresia de „ştiinţă spumoasă" (v. FRANCIS DARWIN, *Vie et Correspondance de Charles Darwin*, vol. II, p. 9, trad. din lb. engleză. — *C.M*).

că aceste păsări continuă să trăiască și să-și exercite funcțiile esențiale, dar sînt lipsite de orice spontaneitate: nu le rămîn decît reflexele. Tot lui i se datoresc unele experiențe frumoase asupra canalelor semicirculare și asupra simțului spațial. Reluînd experiențele lui Duhamel, din secolul al XVIII-lea cu privire la colorarea oaselor cu roibă, el a pus în evidență rolul periostului în creșterea lor. Imediat după descoperirea anesteziei de către H. Wells, în Statele Unite, Flourens a relevat acțiunea cloroformului (1847). Numele său este legat deci de stabilirea unor date importante și precise.

CLAUDE BERNARD. Născut în Mâconnais, la Saint-Julien, dintr-o familie modestă, Claude Bernard (1813—1878) studiază farmacia la Lyon și este atras de literatura dramatică. Vine la Paris avînd scrisă o tragedie pe care o supune aprecierii lui Saint-Marc Girardin. Din fericire, acesta l-a făcut să renunțe la teatru. El întreprinde atunci studii medicale. În 1839, intră în serviciu la spitalul lui Magendie, care își dă seama de valoarea lui și-l aduce în laboratorul său. Cl. Bernard avea să cunoască aici asprimea acestui maestru, pe care avea să-l părăsească, pentru ca apoi să-i succeadă, în 1853, la Collège de France.

Claude Bernard explorează și reînnoiește toată fiziologia: mai întîi, cea a sucurilor digestive apoi cea privind saliva (1847), sucul gastric (1843), sucul pancreatic etc. Pune în evidență rolul pancreasului în digestia grăsimilor (1848, 1856), analizează digestia zaharurilor, ceea ce îl conduce la descoperirea capitală a funcției glicogenice a ficatului (1848) și la izolarea glicogenului (1855). Stabilește constanța dozei de glucoză în sînge, arătînd că perturbările acestui echilibru cauzează diabetul (*Leçons sur le diabète et la glycogenèse animale*, 1877), și respinge prin experiențe edificatoare obiecțiile aduse concluziilor sale. Funcția glicogenică a ficatului este primul exemplu de *secreții interne* care au reînnoit, de atunci încoace, fiziologia generală și patologia. Glucoza apare ca un combustibil care, circulînd în sînge, arde în țesuturi și este sursa căldurii animale a cărei studiere au inițiat-o Lavoisier și Laplace; dar sediul acestei combustii nu este plămînul, cum au crezut ei, ci diversele țesuturi; sîngele, vehicul al glucozei și al oxigenului, este regulatorul căldurii animale. Pe de altă parte, Cl. Bernard descoperă rolul sistemului nervos în această reglare, prin acțiunea pe care marele simpatic o exercită asupra calibrului vaselor sanguine. Toate acestea, puse în evidență prin experiențe clare și precise, sînt realizate în numai cîțiva ani și converg spre o noțiune centrală, constanța *mediului intern*[2], tulburările patologice rezultînd din ruptura acestui

[2] La noi, fiziologul D. Călugăreanu și zoologul E.G. Racoviță au arătat în publicațiile lor rolul mediului intern în organism și în evoluția organismelor. „Prin constituirea unui mediu intern, ființa vie tinde să se elibereze de influența mediului extern... Nu cred că există astăzi pe lume vreo ființă care să fie perfect permeabilă influenței exterioare; toate vietățile actuale trebuie să aibă un mediu intern izolat... Mediului intern celui mai izolat îi corespunde în general și organizația cea mai superioară în scara vietăților" (v. E. G. RACOVIȚĂ, *Evoluția și problemele ei*, Cluj, 1929, pp. 48 și 49).

Mai înainte de Racoviță, Dimitrie Călugăreanu, într-un articol al său, bazat pe experiențe proprii, arată că la vertebrate mediul intern (limfa, hemolimfa, sîngele) tinde să se izoleze complet de mediul înconjurător atît osmotic, cît și termic. „Izolarea osmotică

echilibru. Organismul reacționează la perturbările mediului exterior prin mecanisme compensatoare. Întreaga fiziologie a fost astfel reînnoită de Claude Bernard.

În afară de funcția sa de la Collège de France, Cl. Bernard a ocupat succesiv o catedră la Sorbona, apoi la Muséum. Opera sa științifică a fost larg difuzată prin publicarea cursurilor sale într-o serie de volume. La Muséum, a predat fiziologia generală întemeiată pe datele recente referitoare la celulă.

Această operă grandioasă a fost realizată în condiții materiale foarte precare.

„Am cunoscut, scria Cl. Bernard, durerea omului de știință, care, din cauza lipsei de mijloace materiale, nu poate să întreprindă realizarea experiențelor pe care le concepe și este obligat să renunțe la anumite cercetări ori să-și abandoneze descoperirea în stare de proiect".

Aceste condiții materiale deplorabile i-au compromis sănătatea, astfel că în 1865 s-a îmbolnăvit grav, fiind pe punctul de a se stinge din viață. În 1879, o revenire a bolii i-a fost fatală. În timpul convalescenței din 1865 a fost silit să-și părăsească laboratorul și și-a consacrat această perioadă de odihnă nedorită formulării, într-o expunere sistematică, a regulilor noii metode experimentale pe care a abordat-o sub conducerea lui Magendie, și pe care apoi a practicat-o el însuși și a perfecționat-o într-un mod atît de fecund. De aici a rezultat minunata carte *Introduction à l'étude de la médicine expérimentale* (1865). Cl. Bernard a arătat care trebuie să fie mentalitatea experimentatorului, eliberat de orice spirit de sistemă, supunîndu-se totdeauna controlului unei îndoieli metodice, fără a ajunge însă prin aceasta la scepticism. Fenomenele vieții, cu toată spontaneitatea lor aparentă, se arată astfel a fi dependente de legi tot atît de precise, fixe și previzibile, ca și cele ale materiei neînsufletite. Forța vitală și cauza finală sînt, așadar, eliminate. Intervin doar condițiile fizico-chimice în care se desfășoară fenomenele. Contrar celor ce gîndea Bichat, experimentul este la fel de riguros aplicabil fiziologiei ca și fizicii sau chimiei. Ceea ce caracterizează organismul este un echilibru în activitatea părților sale componente, avînd aparența unei finalități interioare, fără ca aceasta să presupună intervenția unei forțe aparte. Recunoașterea unui determinism ferm permite certitudinea și previziunea înlănțuirii fenomenelor vitale.

Trebuie să amintim, de asemenea, magistralul *Raport sur les progrès de la physiologie en France*, scris cu ocazia Expoziției internaționale din 1867, și care se încheia atrăgînd atenția autorităților asupra necesității de a se asigura

— scrie cl — apare o dată cu începutul vertebratelor, pe cînd izolarea termică se ivește tocmai la păsări, de unde rezultă că în emanciparea animalului de mediu, factorul fiziologic cel mai vechi care intervine este tensiunea osmotică, pe cînd factorul termic apare mult mai tîrziu... *Osmoizolarea* și *termoizolarea* trebuie considerate ca fenomene fiziologice care întovărășesc evoluția și sînt în legătură cu dînsa. Ele apar la momente diferite ale evoluției și au ca rezultat eliberarea, măcar în parte, de sub stăpînirea absolută a mediului. Scăpat de sclavie din aceste două puncte de vedere, animalul poate reacționa acum mai ușor la acțiunea altor factori din lumea externă" (v. D. CĂLUGĂREANU, *Tensiunea osmotică în raport cu evoluțiunea anormală*, în „Rev. Șt. V. Adamachi", vol. IV, nr. 3, 1913, pp. 131—140).

condiții materiale mai bune cercetării științifice. Fiziologii, ca și savanții din alte domenii, așteptau în continuare realizarea laboratoarelor pe care Germania le organizase deja. Războiul din 1870 a oprit în loc efortul ce urma să fie desăvîrșit. Claude Bernard primise din partea autorităților și a corpului academic toate onorurile pe care și le putea dori. J.B. Dumas spunea despre el că este fiziologia însăși, iar elevul său, A. Dastre, rezuma astfel, în 1913, contribuția lui:

„El a alungat (din fiziologie) fantomele ce o incomodau. Ea era o servitoare a medicinii. A făcut din ea o știință independentă, avînd metodele sale și scopul său. A înfăptuit o revoluție pe care noile generații nici nu o bănuiesc, deoarece rezultatele ei sînt atît de bine însușite, încît fac parte, într-un anumit fel, din mentalitatea noastră și, după cum spune Montaigne, obișnuința cu ele a înlăturat din imaginea lor straniul".

ȘCOALA LUI CLAUDE BERNARD. Printre elevii lui Claude Bernard, succesorul său la Sorbona, Paul Bert (1833—1886)[3], este cel mai remarcabil; el a adus contribuții mai cu seamă în fiziologia respirației, studiind influența presiunilor înalte și joase ale gazelor din atmosferă (*La pression atmosphérique. Recherches expérimentales*, 1878), viața la mari altitudini, în chesoane cu aer comprimat și în scafandre, toxicitatea oxigenului dincolo de o anumită presiune, efectele decompresării bruște și emboliile pe care ea le provoacă, acțiunea anestezicelor etc. A făcut totodată cercetări frumoase asupra grefelor animale. Trebuie să amintim aici și numele lui Arsène d'Arsonval (1851—1940), în domeniul aplicațiilor electricității la problemele de fiziologie.

Succesorul lui Cl. Bernard la Collège de France, Ed. Brown-Séquard[4] (1817—1894), creol născut în insula Mauritius, și-a exercitat activitatea, în mod alternativ, în Franța și în Statele Unite, studiind îndeosebi fiziologia normală și patologică a sistemului nervos. Spre sfîrșitul vieții, a experimentat pe sine însuși efectele injectării extractelor de organe, în special ale glandelor seminale, și a crezut a fi descoperit un mijloc de întinerire. Aceste experiențe, oarecum aventuroase, nu au fost confirmate ulterior, dar au contribuit la dezvoltarea, în secolul al XX-lea, a studiilor experimentale privind secrețiile interne, *endocrinologia*, care a devenit unul dintre cele mai importante capitole ale fiziologiei contemporane.

MAREY ȘI CHAUVEAU. În afară de școala lui Cl. Bernard, este cazul să amintim opera lui Marey (1830—1904), succesorul lui Flourens la Collège de France. Cu o virtuozitate remarcabilă, el s-a ocupat în special de perfecționarea metodei grafice pentru înregistrarea activității fiziologice, tehnică al cărei iniția-

[3] Al. N. Vitzu, fiziolog român (1853—1902), a fost elevul lui Paul Bert, la care și-a luat doctoratul în 1882, și profesorul lui Paul Bujor (1862—1952), al lui A. Popovici Bâznoșanu (1876—1969) și al lui C. Kirițescu (1876—1965). — *C.M.*

[4] Al. N. Vitzu a scris lucrarea *Doctrina secreției interne* (1894), deci a fost în această privință un precursor al lui C.I. Parhon. El a reușit să vindece pe zoologul Carl Vogt de la Geneva, profesorul lui Paul Bujor, de o depresiune nervoasă prin injecții cu extract testicular, trimis în fiole de la Paris, de Brown-Séquard. — *C.M.*

tor a fost fiziologul german K. Ludwig. Marey a conferit aparatelor înregistratoare o sensibilitate și o precizie avansate. Aceste tehnici au permis realizarea unor mari progrese în studierea funcționării inimii și plămînilor. Metoda grafică și-a găsit largi aplicații, și astăzi este una dintre tehnicile fundamentale folosite în laboratoarele de fiziologie. Marey a fost, de asemenea, precursorul cinematografului. Această invenție, realizată în 1895 de frații Louis și Auguste Lumière, la Lyon, a adus mari servicii tehnicii de laborator. Una dintre primele sale realizări în domeniul biologiei a fost reconstituirea și punerea în evidență a întregii evoluții a unei colonii de ascidii (*Bothryllidae*), proiectată de A. Pizon la Congresul internațional de zoologie de la Berna (1904). Opera lui Marey a fost continuată, la Collège de France, de elevul și succesorul său, François-Franck (1849—1921).

Marey l-a avut drept colaborator în studiile sale asupra mișcării inimii pe Aug. Chauveau (1827—1917), veterinar din Lyon, care a ocupat catedra de patologie comparată la Muséum. În fiziologie, eforturile sale s-au îndreptat mai cu seamă spre cercetarea energiei consumate de țesutul muscular, precum și spre studierea sursei lui de alimentare. Aceste studii au fost precedate în Franța de cele ale lui J. Béclard (1861) și Marcelin Berthelot (1865).

Fiziologia franceză a primit totodată importante contribuții din partea unor medici, ca Vulpian (1826—1887), iar în ceea ce privește sistemul nervos, Duchenne de Boulogne, Broca, Charcot etc.

B. FIZIOLOGIA ÎN GERMANIA

Magendie avea vîrsta de optsprezece ani atunci cînd s-a născut Johannes Müller (1801—1858). Acest decalaj, precum și faptul că în Franța unirea dintre chimie și fiziologie s-a manifestat de timpuriu explică prioritatea cronologică acordată Franței în istoria fiziologiei secolului al XIX-lea. Dar contribuția cercetătorilor germani la progresul științific al fiziologiei în lumea întreagă a fost masivă, variată în orientările sale, decisivă prin exemplul și influențele sale. Examinarea lucrărilor și a cercetărilor se ordonează, în mod firesc, în jurul a două nume și a două școli, cele ale lui J. Müller și Karl Ludwig, în preajma lor situîndu-se, dacă nu niște franctirori, cel puțin niște solitari.

JOHANNES MÜLLER ȘI ELEVII SĂI. În urma studiilor sale de la Bonn, Müller și-a format o viziune filozofică asupra vieții, la care nu va renunța niciodată, chiar atunci cînd cu prilejul trecerii lui prin Berlin, în 1824, se va desprinde de tezele fundamentale ale școlii filozofilor naturii. Müller emite originala idee a legăturii dintre fiziologie și anatomia comparată. În calitate de promotor al metodei comparate, el introduce, în 1826, fiziologia în psihologie (*Cu privire la fiziologia comparată a simțului văzului la om și la animale*), formulînd cu această ocazie legea energiei specifice a nervilor. În 1830, cîteva lucrări referitoare la structura glandelor și dezvoltarea organelor genitale învederează folosirea aceleiași metode comparative. Paralel, Müller face experiențe pentru

a confirma legea lui Bell-Magendie, și studiile sale de fiziologie nervoasă îl conduc la descoperirea, în același timp cu Marshall Hall, a acțiunii reflexe a măduvei spinării. Anul 1833 este marcat atît prin numirea lui Müller la Berlin, cît și prin publicarea primei părți din *Handbuch der Physiologie des Menschen*, adevărată sinteză și bilanț al fiziologiei de la sfîrșitul primei treimi a secolului, lucrare de mai multe ori reeditată și revizuită, a cărei influență a fost fără asemănare în secolul al XIX-lea. După afirmația lui Du Bois-Reymond, această lucrare a avut, pentru fiziologia epocii, aceeași importanță ca și *Elementa physiologiae* a lui Haller în a doua jumătate a secolului al XVIII-lea.

Manualul lui Müller este o reflectare a învățăturii sale. El avea geniul stimulării intelectuale. Influența lui s-a exercitat asupra a două feluri de discipoli: pe de o parte, fondatorii și propagatorii teoriei celulare, Schwann, Virchow, Haeckel; pe de altă parte, fiziologii propriu-ziși, Du Bois-Reymond, Helmholtz și Brücke.

Vasta acțiune de înființare, în număr tot mai mare, de dezvoltare și înzestrare a laboratoarelor de fiziologie în Germania nu datează de la Müller, deoarece el era în fond mai degrabă biolog decît chimist ori fizician. Laboratorul său din Berlin nu era dotat cu foarte multe aparate. Dar fiecare dintre elevii săi — Du Bois-Reymond, Helmholtz, Vierordt — avea să-și lege numele de invenția unui aparat și de crearea unei tehnici de explorare fiziologică (oftalmoscop, cărucior inductor, sfigmograf). Alianța ideologică și metodologică pe care aveau s-o stabilească cu Ludwig (Berlin, 1845) cei trei elevi ai lui Müller (Du Bois-Reymond, Helmholtz și Brücke), asociați în scopul întemeierii Societății de fizică (1845), este evenimentul capital al istoriei fiziologiei germane.

Emil du Bois-Reymond (1818—1896) este inventatorul instrumentelor și al tehnicilor de electrofiziologie aplicată la studiul funcțiilor mușchiului și nervului. Dacă Matteucci stabilise că există o concomitență între producerea electricității și contracția musculară (1841), Du Bois-Reymond avea să pună în lumină, sub numele de variație negativă, existența potențialului de acțiune, generator al curentului de acțiune. Utilizarea electrodului nepolarizabil rămîne unul dintre meritele științifice ale lui Du Bois-Reymond. Concepția sa asupra naturii strict fizico-chimice a fenomenelor fiziologice trebuia să-i inspire o viziune filozofică asupra lumii destul de îndepărtată de cea a maestrului său Müller, și nu fără analogie cu cea a lui Magendie, dar exprimată într-un stil de o grandilocvență pontificală.

Opera lui Helmholtz (1821—1894) a fost clădită pe baza unei concepții energetice asupra vieții. În 1847, publică un memoriu, *Über die Erhaltung der Kraft*, care generalizează — în principiu — indestructibilitatea energiei în transformările sale. Readuce astfel în actualitate un memoriu din 1842, datorat medicului J.R. Mayer (1814—1878), și care formula, înaintea lui Joule (1843), echivalența energiilor mecanice și termice. Helmholtz a identificat activitatea mușchiului ca sursă a căldurii animale (1848). În 1850, a măsurat, primul, viteza de transmitere a mesajului nervos de-a lungul fibrei. Lucrările sale de optică (*Handbuch der physiologischen Optik*, 1856—1866) și de ascustică (1862) au fundamentat temeinic fiziologia analizorilor. În această pri-

vință, opera sa este intermediară între cea a lui Fechner (1801—1887), a cărui lege psihofizică (1858) se desprinde încă greu din contextul metafizic, și cea a lui Wundt, asistentul lui Helmholtz la Heidelberg. Helmholtz a fost cel mai eminent fiziolog matematician din secolul al XIX-lea.

Brücke (1819—1892), profesor la Viena, s-a ocupat, ca și Helmholtz, de fiziologia analizorilor și a asociat studii de estetică la cercetările sale asupra vederii. Ludwig i-a fost cîțiva ani coleg, la Viena. Sigmund Freud se numără printre primii săi elevi.

LUDWIG ȘI ȘCOALA SA. Karl Ludwig (1816—1895) a primit la Marburg prima sa formație medicală. El a avut legături cu chimiști și fizicieni, printre care și cu Robert Bunsen. A predat în mod succesiv la Zürich (1849), Viena (1855), Leipzig (1865); în acest din urmă oraș, a creat Institutul de fiziologie (1869), care avea să servească drept model multor altora, fundate după exemplul său în Germania, ca și în întreaga Europă și în afara ei. Aici aveau să vină să se instruiască și să se formeze aproape toți cercetătorii cărora fiziologia le datorează avîntul său internațional, în ultima treime a secolului al XIX-lea. Ludwig nu a fost numai un maestru pentru fiziologi, ci și un inginer în fiziologie. Inventarea chimografului (1846), generalizarea tehnicilor de înregistrare grafică, construirea pompei cu mercur (1859) sînt tot atîtea invenții pe a căror utilizare se bazează, în mare parte și astăzi, fiziologia. Opera științifică a lui Ludwig a constat mai cu seamă în explorarea fizico-chimică a funcțiilor secreției, absorbției, circulației; el a studiat permeabilitatea renală (1843) și presiunea sîngelui în capilare (1875).

Pentru a schița tabloul fiziologiei de după 1870, ar trebui să menționăm, în afară de discipolii germani, toate numele de străini care au trecut, pentru un timp mai mult sau mai puțin îndelungat, prin institutul lui Ludwig. Vom reține doar cîteva nume: Secenov și Pavlov (Rusia); Horsley și Stirling (Anglia); Bowditch (S.U.A.); Luciani și Mosso (Italia).; Christian Bohr (Danemarca); Christian Loven (Suedia); Paul Heger, organizator al Institutului Solvay de fiziologie (Belgia).

Se poate afirma că Ludwig a atras în Germania tot atîția fiziologi cîți patologi a atras Virchow, cea mai mare personalitate a medicinii germane după moartea maestrului său, Müller.

PFLÜGER ȘI GOLTZ. Acești doi savanți se deosebesc în mod clar, din motive diferite, de alți fiziologi ai generației lor, formați în majoritate la școala lui Ludwig.

Pflüger (1829—1910) nu a preluat de la maestrul său, Du Bois-Reymond, concepția strict mecanicistă a fenomenelor vieții. Un anumit simț al originalității și al finalității organice îl înrudea mai degrabă cu J. Müller. Aceasta nu l-a împiedicat să folosească tehnicile fizico-chimice de investigare, pentru studierea funcțiilor respirației și nutriției. Lui i se datorează conceptul de raport respiratoriu (1877). Pînă la lucrările lui Sherrington, legile sale referitoare la iradierea reflexelor, formulate în 1853, au rămas clasice. Pflüger a înființat,

în 1869, o importantă revistă științifică, „Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Tiere".

Goltz (1834—1902) a fost primul titular al catedrei de fiziologie de la Universitatea germană din Strasbourg, după 1870. Formația sa inițială de chirurg explică în bună parte predilecția lui pentru fiziologia operatorie și vivisecția experimentală, prin care se apropie de Claude Bernard. Goltz a studiat mai cu seamă funcțiile sistemului nervos central, practicînd ablațiunea emisferelor și decorticarea la cîine (*Der Hund ohne Grosshirn*, 1892). Contrar părerilor lui Hitzig, Ferrier și Munk, el refuza să admită localizarea funcțiilor motricității și ale simțurilor în arii strîns circumscrise ale cortexului cerebral. Împreună cu elevul și succesorul său, Ewald (1855—1921), el a pus la punct (1896) tehnica secțiunilor etajate ale măduvei spinării. Sherrington a lucrat cîtva timp la Goltz (1884—1885).

C. ȘCOLI TINERE DIN A DOUA PERIOADĂ

În afară de Franța și Germania, existau la începutul secolului al XIX-lea, în cel puțin două țări din Europa, fiziologi ingenioși, ale căror contribuții la cunoașterea funcțiilor organismului animal nu pot fi neglijate. Este vorba de englezi și italieni. Dar atît unii, cît și ceilalți se comportau, în ceea ce privește metodele și obiectele lor de cercetare, mai degrabă ca niște moștenitori ai unei tradiții, și nu ca exploratori de căi neumblate. Este motivul pentru care nu pare a fi necesar ca ei să fie separați de ansamblul fiziologilor de alte naționalități, care au mers să se inițieze la Magendie și Cl. Bernard la Paris, la Müller și elevii săi la Berlin, la Ludwig la Viena și mai cu seamă la Leipzig, în legătură cu noile metode de explorare, cu noul stil de muncă, înainte de a funda în țările lor școli capabile — ca urmare a eficienței și originalității lucrărilor lor — să furnizeze dascăli ai noilor generații de fiziologi.

FIZIOLOGIA ÎN ITALIA. Ar fi fost surprinzător ca patria lui Spallanzani și a lui Galvani să nu le fi asigurat acestora o posteritate științifică. Cercetările lui Galvani asupra electricității animale (1780—1794), a căror interpretare a fost contestată de Volta, dar consolidată de A. von Humboldt, au fost reluate și dezvoltate de fizicianul Nobili (1784—1835), care a construit, în 1825, un galvanometru astatic, primul instrument de explorare sensibil la efectele electrice concomitente cu contracția musculară. În 1838, Matteucci (1811—1868) punea în evidență diferența de potențial dintre un mușchi de broască și nervul corespunzător lezat. Lucrarea sa, *Essai sur les phénomènes éléctriques chez les animaux* (1840), încredințată de J. Müller lui Du Bois-Reymond în scopul unei examinări critice, trebuia să-l angajeze pe acesta din urmă în mod decisiv pe calea electrofiziologiei.

Școala italiană nu va sta deoparte față de reînnoirea fiziologiei, începută în Franța și în Germania. Vella (1825—1886) a fost elevul lui Cl. Bernard, ale cărui cercetări asupra digestiei le-a continuat. Luciani (1840—1919) și Mosso

(1846—1910) au lucrat la Leipzig sub conducerea lui Ludwig. Luciani este cunoscut prin cercetările sale asupra inaniției și asupra funcțiilor cerebelului (1891). Mosso este inventatorul ergografului (1890), cu ajutorul căruia a determinat legile oboselii. De asemenea, el s-a interesat, ca și Paul Bert, de fenomenele respiratorii ale vieții la mare altitudine.

FIZIOLOGIA ÎN MAREA BRITANIE. Dacă italienii și-au îndreptat ingeniozitatea, în prima treime a secolului al XIX-lea, spre explorarea funcțiilor nervului și a mușchiului prin intermediul fenomenelor electrice pe care acestea le produc, fiziologilor englezi din aceeași epocă li se datorează descoperirile inițiale referitoare la căile aferente și eferente și la funcția reflexă a măduvei spinării. Charles Bell are meritul de a fi distins diferența funcțională a rădăcinilor ventrale și dorsale ale nervului rahidian (1811), iar Marshall Hall (1790—1857), pe acela de a fi stabilit în mod concret existența reflexului (*On the Reflex Function of the Medulla oblongata and Medulla spinalis*, 1833), al cărui concept fusese elaborat în secolul al XVIII-lea de Astruc, Whytt și Prochaska.

W. Sharpey (1802—1880), M. Foster (1835—1907) sînt, împreună cu Ferrier (1843—1928) — celebru prin lucrările sale asupra localizărilor funcționale ale cortexului cerebral (aria motrice, 1876) — principalii fiziologi dintr-o perioadă intermediară, de-a lungul căreia tineri cercetători mergeau să învețe pe Continent, pentru a deprinde noile tehnici ale fiziologiei.

Stirling (1851—1932), care a descoperit sumarea excitațiilor electrice, și Horsley (1857—1916), care a studiat experimental, într-un mod analog cu cel al lui Moritz Schiff, funcțiile tiroidei, au fost elevii lui Ludwig.

Studierea funcțiilor sistemului nervos se datorește în mare parte lui Langley (1852—1925), care îl denumește „autonom" și îl diferențiază în ortosimpatic și parasimpatic.

Numele lui Sherrington (1857—1952), lucrările sale asupra rigidității datorate decerebralizării (1897), asupra inervării reciproce, revizuirea de către el a teoriilor reflexului, înțelegerea conceptului de funcție integrativă a sistemului nervos (1906), domină de departe ultimii ani ai secolului al XIX-lea.

Trebuie citați, de asemenea, Bayliss (1860—1924) și Starling (1866—1927), asociați prietenește în cadrul cercetării. Bayliss a descoperit secretina (1902), primul hormon tipic, în sensul strict al termenului stabilit de Starling (1905).

FIZIOLOGIA ÎN RUSIA. K.E. von Baer, fondatorul embriologiei moderne, a asigurat, la începutul secolului al XIX-lea, renumele Universității din Petersburg, unde a fost chemat să lucreze.

Dar o școală modernă de fiziologie a apărut și s-a dezvoltat în Rusia sub impulsul savanților de origine rusă, după exemplul și după inspirația școlilor franceze și germane. Tarhanov (1848—1909), profesor la Petersburg, a lucrat în laboratorul lui Claude Bernard: lui i se datorează descoperirea reflexului psihogalvanic. Secenov (1829—1905), profesor la Odesa și Moscova, elev al lui Ludwig, a descoperit inhibiția centrală a reflexelor medulare (1863). El l-a avut ca elev pe Pavlov (1849—1936), care a lucrat, de asemenea, la Ludwig. Pavlov a imaginat (1890) o tehnică fiziologică pentru studierea secreției

gastrice: stomacul mic sau punga lui Pavlov. Această tehnică de reflexologie a secreţiilor i-a permis să analizeze funcţiile cortexului cerebral, în măsura în care el constituie un releu al reflexelor senzorial-motoare. Lucrările sale asupra reflexelor condiţionate, efectuate cu ajutorul unor aparate de analiză şi de distingere fină a excitaţiilor, au creat gloria lui Pavlov, i-au adus primul Premiu Nobel care a fost decernat unui fiziolog, au atras în laboratorul său foarte numeroşi elevi şi au conferit fiziologiei ruse contemporane stilul său ştiinţific original.

FIZIOLOGIA ÎN STATELE UNITE ALE AMERICII. Observaţiile asupra mişcărilor stomacului şi asupra secreţiei gastrice (1833) datorate lui W. Beaumont (1785—1853) constituie cea mai valoroasă contribuţie americană la progresul fiziologiei, în prima treime a secolului al XIX-lea.

Societatea americană de fiziologie a fost întemeiată în 1887, după ce tinerii cercetători care au fost atraşi în Europa de renumele lui Claude Bernard sau Ludwig au reuşit să creeze, în cîteva universităţi din Statele Unite, laboratoare şi institute de cercetări, care ulterior s-au înmulţit rapid. J.C. Dalton (1825—1889) a promovat la Buffalo tehnicile operatorii ale lui Claude Bernard. Bowditch (1840—1911), elev al lui Ludwig, a fundat laboratorul de fiziologie experimentală de la Universitatea Harvard din Boston (1871). Lui i se datorează punerea în evidenţă a infatigabilităţii fibrei nervoase şi a legii „totul sau nimic" în excitarea fibrei musculare cardiace. El i-a avut ca discipoli pe H. Cushing (1869—1939), care a studiat funcţiile hipofizei şi ale hipotalamusului, şi pe W.B.Cannon (1871—1945), celebru prin concepţia sa asupra homeostaziei[5].

D. TEHNICI ŞI PROBLEME ALE FIZIOLOGIEI ÎN SECOLUL AL XIX-LEA

Fiziologia din secolul al XIX-lea se deosebeşte de cea din secolul al XVIII-lea prin faptul că se construiesc instrumente şi se utilizează în mod sistematic tehnicile de detectare şi de măsurare, mai mult chiar decît prin preocuparea pentru experimentare. Ca urmare a recunoaşterii, fără rezerve, a fizicii şi a chimiei ca ştiinţe conducătoare, fiziologii au fost determinaţi să adapteze la studierea problemelor de biologie tehnicile de analiză şi măsurare care îşi dovediseră valabilitatea în domeniul fenomenelor anorganice. Din punctul de vedere al aparaturii fizice, impulsul în această direcţie se trage de la Poiseuille (1799—1869), iar în ceea ce priveşte tehnicile chimice, de la J.von Liebig (1803—1873). Dacă fiziologia se constituie în secolulul al XIX-lea, prin asocierea temeinică a celor două „stiluri" ale cercetării, aceasta se datoreşte faptului că, începînd cu lucrările lui Lavoisier şi Laplace, problema fun-

[5] În România, fiziologia a avut — în această perioadă — reprezentanţi de seamă: L.C. Cosmovici, S. Athanasiu, D. Călugăreanu, A. Grădinescu, N. Gavrilescu, Elena Lupu. — *C.M.*

damentală a vieții organismelor este cea a surselor și legilor de utilizare a energiei eliberate prin oxidări.

Să luăm ca exemplu lucrările lui E.J. Marey: ele se ocupau de circulația sîngelui (1863, 1881) și de fiziologia locomoției (1868, 1873, 1894). Înainte de a fi împrumutat de la astronomie (Janssen, Paris, 1874: studiul trecerii planetei Venus prin fața Soarelui) tehnica cronofotografiei, Marey, în colaborare cu prietenul său, veterinarul A. Chauveau, au promovat în Franța metoda înregistrării grafice[6]. Sfigmograful comparativ al lui Marey era o adaptare a sfigmografului lui Vierordt (1853). Acest aparat era el însuși o îmbinare a sfigmometrului antic cu cilindrul înregistrator pe care Ludwig l-a adăugat — pentru a realiza renumitul său chimograf (1846) — la hemadinamometrul construit, în 1827, de Poiseuille. Acest din urmă instrument era pus în legătură directă cu vasele sanguine și era asemănător cu manometrele de odinioară ale lui Stephen Hales; prin interpunerea unei soluții anticoagulante, Poiseuille a reușit să efectueze primele cercetări de fiziologie pozitivă și instrumentală (*Sur la force du coeur aortique*, 1828). De la Poiseuille la Marey, prin Ludwig și Vierordt, acțiunea reciprocă dintre tehnică și cercetare este unul dintre cele mai bune exemple ale stilului științific caracteristic fiziologiei secolului al XIX-lea. Magendie nu s-a înșelat asupra importanței exemplare a lucrărilor lui Poiseuille, ale celui pe care el îl numea, în *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie* (1842), „un tînăr fiziolog fizician".

Dacă Franța este, datorită lui Poiseuille și Dutrochet, locul de naștere al fiziologiei fizice, Germania constituie, prin Liebig, terenul cel mai fecund unde s-a dezvoltat de la bun început chimia biologică. După terminarea studiilor de farmacie, Liebig a venit să lucreze în Franța (1822—1823) sub conducerea lui Gay-Lussac, Pelouze și Dumas. Numit la început asistent (1824), apoi profesor (1836) de chimie la Giessen, Liebig a făcut din această mică universitate un pol de atracție pentru toți chimiștii din Europa. Laboratorul și institutul său au servit ca modele pentru instituțiile de cercetări care s-au dezvoltat ulterior în Germania. El a fost fondatorul cunoscutelor „Annalen für Chemie und Pharmacie".

Este suficient să aruncăm o privire asupra unei lucrări de popularizare publicate de Liebig în 1851, *Neue chemikalische Briefe* (XXXI pînă la XXXV), pentru a ne face o idee cu privire la problemele de fiziologie care, după părerea lui, sînt întemeiate pe cercetări de chimie organică: respirația și căldura animală, rolul plastic și energetic al alimentelor, influența sărurilor asupra nutriției, compoziția substanțelor azotate în economia animală, efectele regimurilor alimentare. El putea scrie deci:

„Fiziologia se sprijină evident pe o bază dublă: pe fizica fiziologică, bazată ea însăși pe anatomie, și pe chimia fiziologică, derivată din chimia animală. Din fuziunea acestor două științe va apărea o știință nouă, adevărata fiziologie, care va fi, în comparație cu știința căreia i se dă astăzi acest nume, ceea ce este chimia modernă față de chimia secolului trecut".

[6] W. Einthowen (1860—1927), profesor la Universitatea din Leyda (la care a lucrat un timp și fiziologul român S. Athanasiu), a primit Premiul Nobel pentru medicină (1924), pentru descoperirea electrocardiografiei. — *C.M.*

Primele mari tratate ale lui Liebig au fost: *Die Chemie in ihrer Anwendung an Agrikultur und Physiologie* (1840), şi *Die Tierchemie oder organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie* (1842). Această din urmă lucrare, contemporană cu *Leçons sur les phénomènes physiques de la vie*, va concura, împreună cu învăţămîntul lui Magendie, la discreditarea, pe baza demonstraţiilor experimentale, a tezelor vitaliste — stabilind că energia de origine alimentară, măsurată prin diferitele valori calorice ale substanţelor nutritive, este cauza reală a fenomenelor biologice fundamentale.

În „Annalen für Chemie und Pharmacie", Liebig publică, în 1842, memoriul teoretic al lui J.R. Mayer (*Bemerkungen über die Kräfte der Unbelenbten Natur*), care enunţă pentru prima dată principiul termodinamicii, înainte de memoriul lui Helmholtz (1847).

Studierea fenomenelor şi formularea legilor energeticii biologice aveau să continue ulterior, atît în Franţa, cît şi în Germania, împletirea strînsă dintre fizică şi chimie. În 1848, Helmholtz descoperă activitatea muşchiului ca sursă de căldură. Béclard publică, în 1861, cercetări experimentale cu privire la relaţia dintre contracţia musculară şi termogeneză. În 1849, Regnault şi Reiset publică *Recherches chimiques sur la respiration des animaux*, în care studiază variaţiile a ceea ce Pflüger avea să numească cotient respiratoriu (1877). Marcelin Berthelot formulează şi sistematizează legile energeticii animale în lucrarea sa, *Essai de mécanique chimique* (1879), precedat de *Mémoire sur la chaleur animale* (1865). Rubner, Atwater şi Benedict vor generaliza (1904) — confirmîndu-le — cercetările desfăşurate de-a lungul unei jumătăţi de secol.

Oricît de fecunde ar fi fost pentru fiziologie tehnicile analitice împrumutate de la fizică şi de la chimie, ele nu au discreditat sau înlocuit totuşi metoda de cercetare pe care Claude Bernard o numea „fiziologia operatorie" şi care a ales calea vivisecţiilor, rezecţiilor sau ablaţiilor de organe, pentru a induce prin perturbaţii ale structurii animale natura funcţiilor în organismul intact. Această metodă tradiţională fusese, la începutul secolului al XIX-lea, cea a lui Legallois şi Magendie. Ea a continuat să fie folosită de Flourens. Fritsch şi Hitzig au asociat-o la tehnica de excitare galvanică a scoarţei, pentru distingerea funcţiilor motrice şi senzoriale ale lobilor cerebrali (1870). Goltz a folosit-o în exclusivitate.

Majoritatea lucrărilor asupra glandelor cu secreţie internă au căutat la început, în ablaţiunea organelor, elementele pentru explicarea funcţiilor lor. În felul acesta au procedat Brown-Séquard pentru suprarenale (1856), Moritz Schiff pentru tiroidă (1859 şi 1883), E. Gley pentru paratiroide (1891). Dar, înainte de a fi putut fi identificate din punct de vedere chimic principiile active ale secreţiilor interne (adrenalina de către Takamine în 1901, tiroxina de către Kendall în 1914), dovada experimentală privind acţiunea chimică a glandelor endocrine fusese solicitată tehnicii de transplantare a organelor. Încercarea reuşită a lui A.A. Berthold de a grefa testiculele unui cocoş în cavitatea lui peritoneală (1849) — repetată dar nu imitată de Schiff prin grefarea tiroidei unui cîine la alt cîine ulterior tiroidectomizat (1884) — este primul exemplu de operaţie experimentală devenită clasică la sfîrşitul secolului.

Tehnicile fiziologiei operatorii au contribuit, împreună cu noile tehnici de electrofiziologie, la distingerea topografică a diferitelor fascicule funcționale ale măduvei spinării, la stabilirea atlasului de funcții ale creierului. Descoperirile lui Sherrington se întemeiază pe tehnici operatorii de foarte mare precizie, pe „preparări" diferențiate (animal decorticat, decerebrat, spinal). În studiul funcțiilor simpaticului, vivisecția a precedat experimentarea chimică folosită de Langley; datorită ei, Claude Bernard a pus în evidență rolul sistemului simpatic în calorificare, prin reglarea debitului circulator în capilare (1854).

Fiziologia digestiei își datorează, de asemenea, progresele metodei operatorii. Observarea, de către W. Beaumont, a unui om care prezenta, ca urmare a unei răniri cu o armă de foc, o fistulă stomacală, a generat, în mod simultan și separat, lui V. A Basov (Moscova, 1842) și lui Blondlot (Nancy, 1843), ideea fistulei gastrice experimentale. Această tehnică avea să fie reluată și perfecționată de Pavlov (1890).

■

Cînd mai atentă față de specificitatea procedeelor, dacă nu față de legile vieții, ca în cazul lui Claude Bernard, cînd mai supusă legilor fizicii sau chimiei, ca la Ludwig, cînd mai înclinată spre imitarea unui model matematic, ca la Helmholtz, fiziologia din secolul al XIX-lea manifestă totuși o anumită unitate de inspirație și de intenție. Ea este știința constantelor de funcționare a organismelor. Unul dintre indiciile că ea a fost constituită — începînd de la Magendie la Sherrington și pînă la Pavlov — în știință autentică este marele număr de cazuri în care cercetările au fost verificate ori în care au fost făcute descoperiri în mod independent și simultan, cu sau fără dispute asupra priorității. Istoria fiziologiei a devenit relativ independentă față de istoria fiziologilor. Puțin interesează dacă Bell sau Magendie a fost, într-adevăr, primul care a descoperit funcția rădăcinilor rahidiene, dacă Du Bois-Reymond sau Hermann a evidențiat curentul acțiunii musculare, dacă Ferrier sau Munk a stabilit aria corticală vizuală. Din momentul în care tehnicile de cercetare și problemele științei se ajustează și se stimulează reciproc, în care instrumentele sînt destul de specializate și complexe pentru ca utilizarea lor să implice o adeziune la anumite ipoteze de lucru, trebuie să spunem că știința creează savanți, la fel după cum savanții creează știința.

Cartea a doua
GENEZA FORMELOR

CAPITOLUL I
Anatomia comparată a vertebratelor

A. GEORGES CUVIER ȘI DEZVOLTAREA ANATOMIEI COMPARATE

PRECURSORII. Cuvier (1769—1832) poate fi considerat, într-un anumit sens, ca fondatorul anatomiei comparate; spunem numai într-un anumit sens, deoarece în opera lui Aristotel, în special în tratatul său, *Asupra părților componente ale animalelor*, se întîlnește această comparare a organelor, obiectul însuși al anatomiei comparate, în vederea cercetării legilor de organizare. Pot fi găsiți și precursori mai recenți. Buffon, care nu a fost de loc anatomist, a subliniat importanța explicativă a comparației:

„Ce cunoaștere reală poate fi realizată prin cercetarea unui obiect izolat? Oare fundamentul oricărei științe nu constă în comparația pe care spiritul omenesc poate s-o facă între obiecte asemănătoare și diferite, între proprietățile lor analoge sau contrare, și din toate calitățile lor relative?"

Și el adaugă totdeauna la descrierea exterioară a speciilor descrierea lor interioară, anatomică. Aceasta din urmă, precum se știe, este opera colaboratorului său Daubenton, care aplică cu exactitate ideile lui Buffon. El încearcă să denumească la fel organele corespunzătoare de la om și de la cal. Condamnînd felul de a proceda al precursorilor săi, el scrie:

„Această metodă (cea care dă denumiri speciale pentru diferitele părți ale calului) poate fi convenabilă pentru cei care se ocupă exclusiv de cal; dar ea va provoca unele inconveniente în cercetarea istoriei naturale, atunci cînd vom voi să comparăm toate animalele, unele cu altele".

Totuși, încă nu era vorba cîtuși de puțin de o anatomie comparată, căci descrierile nu se puteau face decît după specii. Vicq d'Azyr, regăsind vechea concepție a lui Aristotel, potrivit căreia descrierile trebuie stabilite după organe, a creat cu adevărat această știință. După cum scrie Flourens, „organul este obiectul de comparat în anatomie, așa cum în zoologie este specia..."

ANATOMIA COMPARATĂ A LUI CUVIER. Cuvier va extinde această comparație făcută după organe la toate animalele vertebrate. Subliniem mai întîi că el nu a urmărit modificările din ansamblul regnului animal, nu din cauza necu-

noașterii structurii nevertebratelor, cum le denumise[1] colegul său Lamarck (Cuvier le-a studiat într-un mod aprofundat), ci pentru că distingea patru planuri de structură ireductibile unele la celelalte: planul de structură vertebrat, planul de structură al moluștelor, planul de structură artropod, planul de structură radiat.

Mărginindu-se la vertebrate, este posibil deci să se deducă marile legi ale organizării lor. O temă fundamentală domină toată această investigație: *Principiul corelațiilor organice*. Acest principiu reia ideea aristotelică a armoniei funcțiilor și a coordonării tuturor părților organismului, în vederea îndeplinirii acestor funcții. El a fost întuit de Buffon care scria referitor la *natura păsărilor*:

„Dacă natura, dîndu-le rapiditatea zborului, le-ar fi făcut mioape, aceste două calități ar fi fost contrare... și dacă natura ar fi creat vreodată asemenea păsări, ele ar fi pierit ca urmare a contradicției dintre cele două caracteristici, dintre care una nu numai că împiedică exercitarea celei de-a doua, ci expune individul la nenumărate riscuri. De aici trebuie să tragem concluzia că păsările al căror zbor este cel mai scurt și cel mai lent au — corespunzător — și vederea mai puțin dezvoltată" (t. XVI, pp. 8—9).

Această concepție este și mai limpede exprimată de Vicq d'Azyr, dar Cuvier este cel care, cu adevărat, dîndu-i forma cea mai precisă și aplicînd-o la reconstituirile paleontologice, a făcut din ea principiul conducător al anatomiei comparate și al paleontologiei.

Principiul corelațiilor se bazează pe ideea evidentă că, într-o ființă vie, organele nu sînt numai juxtapuse, ci acționează unele asupra altora și cooperează la o acțiune comună.

„Orice ființă organizată formează un ansamblu, un sistem unic și închis, ale cărui părți se găsesc într-o legătură mutuală și concură la aceeași acțiune printr-o reacție reciprocă. Nici una dintre aceste părți nu se poate modifica fără să atragă după sine și modificarea celorlalte; prin urmare, fiecare dintre ele, luată separat, le indică și le definește pe toate celelalte... Dacă intestinele unui animal sînt organizate pentru a nu digera decît carne, și în special pradă vie, trebuie ca și maxilarele sale să fie construite în așa fel, încît să poată sfîșia o pradă, ghearele lui s-o poată apuca și sfîșia; dinții, pentru a o tăia și îmbucătăți; întregul sistem al organelor de locomoție, pentru a urmări și ajunge victima; organele sale de simț sînt adaptate pentru a o zări de departe; trebuie ca natura să-l fi înzestrat cu instinctul necesar pentru a ști să se ascundă și să-și atragă în cursă victimele. Acestea vor fi condițiile generale ale regimului carnivor... Ele vor trebui să fie riguros coordonate între ele, căci dacă una singură ar lipsi, organismul nu ar putea să funcționeze și deci animalul nu ar subzista.

Dacă luăm acum în considerare un animal erbivor, vom constata că ansamblul de condiții este schimbat; dinții, stomacul, intestinele, organele de locomoție, organele

[1] Lamarck dăduse numele de *nevertebrate* animalelor fără vertebre. — *C.M.*

de simţ vor lua forme noi; totuşi, raporturi necesare vor continua să lege aceste organe între ele — va exista între ele o corelaţie. Din forma numai a uneia dintre aceste părţi, din forma dinţilor de exemplu, se va putea deduce forma condilului, cea a membrelor, cea a organelor digestive" (G. Cuvier, *Discurs asupra revoluţiilor globului*, 1812).

De altfel, principiul corelărilor nu se aplică în aceeaşi măsură la toate părţile organismului.

„Şi chiar natura însăşi pare să se fi jucat la infinit în toate părţile secundare. Nu trebuie pentru asta ca o condiţie oarecare să fie necesară; pare chiar, adesea, că ea nu are nevoie de a fi utilă pentru a fi realizată: este suficient ca ea să fie posibilă, adică să nu distrugă echilibrul ansamblului. De aceea şi găsim, pe măsură ce ne îndepărtăm de organele principale şi ne apropiem de cele care sînt mai puţin importante, variaţii mai numeroase; iar cînd ajungem la suprafaţă, unde natura a situat părţile cele mai neesenţiale, numărul variaţiilor devine atît de mare, încît toate lucrările naturaliştilor nu au ajuns încă să dea o idee asupra lor" (G. CUVIER, *Leçons d'anatomie comparée*, t. I, 1835, p. 59).

SEMNIFICAŢIA PRINCIPIULUI CORELĂRILOR. De la Blainville încoace, naturaliştii au discutat mult despre valoarea şi importanţa principiului corelaţiilor, pentru a-i restrînge domeniile de aplicare, a-i sublinia insuficienţele sau incertitudinile. Se pare însă că nu i s-a bănuit cîtuşi de puţin semnificaţia filozofică. Acest principiu a jucat totuşi un rol considerabil în dezvoltarea unei gîndiri de care nu ne-am obişnuit de loc să-l apropiem pe Cuvier: curentul raţionalist.

Să ne referim la paginile cărţii *Philosophes classiques* în care Taine analizează noţiunea de cauză şi încearcă să ajungă pînă la legea generatoare, pînă la „axioma eternă". Aceste pagini sînt direct inspirate de considerentele lui Cuvier asupra principiului corelaţiilor, în care unele pasaje sînt reproduse cuvînt cu cuvînt. Iar E. Meyerson a dovedit, într-adevăr, că metoda lui Cuvier nu este numai descriptivă; ea caută să stabilească o teorie raţională a cunoaşterii ştiinţifice, încearcă să definească raporturi susceptibile de o demonstraţie, de acelaşi ordin ca şi cele care caracterizează matematica. Metoda sa este esenţialmente deductivă.

În fond — şi aceasta, după cum ni se pare, caracterizează opera sa anatomică şi gîndirea sa biologică —, Cuvier pune totdeauna pe primul plan punctul de vedere funcţional. Prin aceasta, se opune anatomiei pur morfologice a lui Geoffroy Saint-Hilaire şi a reprezentanţilor filozofiei naturii reluînd tradiţia lui Aristotel. Pasajul următor exprimă în modul cei mai complet această idee:

„Natura, inepuizabilă în fecunditatea sa şi atotputernică în operele sale, cel puţin numai pentru ceea ce implică contradicţie, nu a fost oprită în nenumăratele comparări de formc organice şi de funcţii care compun regnul animal, decît de incompatibilităţile fiziologice; ea a realizat toate combinaţiile care nu sînt contrare, iar aceste combinaţii contrare, aceste incompatibilităţi, această imposibilitate de a face să coexiste o anume modificare cu alta constituie cauza care stabileşte separări între diversele grupe de fiinţe, aceste hiatusuri ce marchează limitele lor necesare..." (G. CUVIER, *Leçons d'anatomie comparée*, t. I, p. 64).

Principiul condiţiilor de existenţă se deduce din principiul corelaţiilor. În lumina anatomiei comparate, Cuvier va examina marile probleme ale timpului său puse în discuţie: scara fiinţelor, paralelismul fetusului mamiferelor cu adulţii vertebratelor ovipare, unitatea planului structural.

SCARA FIINŢELOR. La începutul secolului al XIX-lea, credinţa într-o scară a fiinţelor era încă vie la numeroşi naturalişti. Cuvier se ridică împotriva unui asemenea mod de înlănţuire a lumii vii. El arată că, dacă se ia în considerare fiecare organ izolat şi se urmăreşte la toate speciile unei clase, acesta apare modificat, sau chiar redus la stare de vestigii, la speciile la care el nu mai prezintă nici o utilitate, „astfel încît natura pare să nu-l fi lăsat acolo decît pentru a rămîne credincioasă legii de a nu face salturi". Dar organele nu urmează toate aceeaşi ordine de modificare: unul este la gradul său cel mai înalt de perfecţiune la o anumită specie, altul la o specie cu totul diferită; aşa încît, dacă s-ar încerca o ordonare a speciilor după fiecare organ, ar fi să formăm tot atîtea serii cîte organe regulatoare s-au luat în considerare. De altfel, acest lanţ de fiinţe simultane şi nuanţate nu poate exista decît în imaginaţie.

Căci, după cum „părţile fiecărei fiinţe trebuie să fie între ele într-o anumită armonie, condiţie necesară pentru existenţa lor, tot astfel trebuie ca înseşi fiinţele să fie, unele în raport cu celelalte, într-o armonie asemănătoare, în vederea menţinerii ordinii în lume. Speciile sînt necesare în mod reciproc, unele ca specii de pradă, altele ca element de distrugere şi ca factor moderator al înmulţirii. Nu ne putem reprezenta în chip rezonabil o stare de lucruri în care ar exista muşte fără rîndunele, sau invers" (*Leçon d'anatomie comparée*, t. I, p. 102).

Principiul corelaţiilor îşi găseşte aici complementul său. Nu este suficient ca părţile unei fiinţe să fie armonizate între ele; este necesar ca fiinţele, în relaţiile dintre ele, să prezinte o armonie asemănătoare. La corelaţia internă trebuie să se adauge corelaţia externă.

PARALELISMUL. Étienne Geoffroy Saint-Hilaire arătase că fetusul mamiferelor prezintă o înmulţire a oaselor craniene comparabilă cu cea care se constată la craniul vertebratelor ovipare adulte. Din acest fapt el a dedus că toate clasele inferioare ale vertebratelor erau, întrucîtva, fetusul claselor superioare. Cuvier nu contestă în întregime acest punct de vedere, dar respinge încercarea care s-a făcut de a extinde acest principiu pînă la animalele cele mai inferioare. Pentru că embrionul mamiferelor nu prezintă, la începutul dezvoltării sale, decît o formă alungită, s-a pretins că acesta ar corespunde cu un vierme sau o insectă. Aşa încît, înainte de a ajunge la stadiul său final, mamiferul ar fi trebuit să treacă prin formele tuturor celorlalte animale; animalul perfect le conţine pe toate celelalte. Condamnînd acest punct de vedere, Cuvier declară:

„Aceste idei ce se adaptau la sisteme metafizice care au fost cîtva timp la modă în Germania au cîştigat acolo autoritate. Au fost expuse cu multă bunăvoinţă faptele care păreau să le fie favorabile şi s-a păstrat tăcere asupra acelora care le răsturnau,

pînă cînd, în sfîrșit, oameni mai riguroși în observațiile lor au făcut ca adevărul să învingă din nou. Dar, oricît de eronate ar fi fost aceste idei, ele aveau ceva plauzibil și formau un tot elevat, legat de înalte concepții filozofice..." (*Leçons d'anatomie comparée*, t. I, p. 62).

Cuvier a combătut cu violență principiul unității planului structural. Acesta a prilejuit izbucnirea celebrei discuții dintre el și Geoffroy Saint-Hilaire; vom vorbi despre ea după ce vom examina opera acestuia din urmă.

B. OPERA ANATOMICĂ A LUI ÉT. GEOFFROY SAINT-HILAIRE

La Étienne Geoffroy Saint-Hilaire aflăm o încercare de a edifica o știință pur morfologică. El se alătură astfel, rămînînd pe un plan exclusiv științific, concepției filozofilor naturii.

În 1797, la vîrsta de 23 de ani, el își enunță, într-una dintre primele sale lucrări, vederile sale relative la unitatea structurii organice:

„Se pare, scrie el, că natura... nu a format toate ființele vii decît pe un plan unic, esențialmente același în ceea ce privește principiul său, dar că ea a modificat în mii de feluri toate părțile sale accesorii... formele în fiecare clasă de animale, oricît de variate ar fi ele, rezultă toate în fond din organe comune tuturor" (*Memoriu asupra raporturilor naturale la Maki*, în „Magasin encyclopédique", t. VII).

Această concepție asupra unității de alcătuire se va regăsi de aici înainte în toate lucrările sale. E drept că ideea nu era absolut nouă. Încă în 1557, Pierre Belon prezenta în cartea sa, *Portraits d'oiseaux*, „un tablou al grămezii oaselor de om în comparație cu anatomia celor de pasăre, făcînd ca forma unora să fie în raport cu celelalte, pentru a scoate la lumină cît de mare este afinitatea dintre unele și altele". Newton a proclamat și el, în *Optica* sa, ideea uniformității de organizare; în articolul *Âne* și în *Discours général sur les singes*, Buffon scria că „Ființa supremă a vrut să folosească o singură idee și să o modifice în același timp în toate felurile", iar Vicq d'Azyr (*Premier discours sur l'anatomie*) observase acest fel de propășire al naturii „care pare să acționeze totdeauna după un model primitiv și general, de care nu se desparte decît cu regret, și ale cărui urme se întîlnesc la tot pasul". Multe alte nume ar putea fi adăugate la această enumerare succintă.

Totuși, abia în opera lui Geoffroy Saint-Hilaire ideea s-a desăvîrșit pe deplin și a format principiul inspirator al cercetării. În formă definitivă, această doctrină este expusă în marea sa lucrare apărută în 1818: *Philosophie anatomique. Des organes respiratoires sous le raport de la determination et de l'identité de leurs pièces osseuses*, mai precis în Discursul preliminar și în Introducere. „Organizarea animalelor vertebrate poate fi oare redusă la un tip uniform?" Aceasta este întrebarea la care va răspunde Geoffroy. Ceea ce aduce el nou în știință sînt analogiile. Pînă la acea dată, după părerea lui Geoffroy, investigațiile s-au limitat doar la căutarea de deosebiri; o muncă relativ ușoară

care corespundea primei faze a științei anatomice. Dar pentru a atinge un asemenea scop, pentru a depăși afirmațiile autorilor care au presimțit principiul, fără însă a-l demonstra sau a-i da o extindere de care era susceptibil, trebuia creată o metodă nouă. Astfel s-a născut *teoria analogiilor*. Pe ce reguli să te sprijini pentru a regăsi analogiile? Identitatea funcției nu poate fi reținută ca valabilă, întrucît se știe că aceleași organe pot îndeplini funcții foarte diferite, după cum organe foarte diferite îndeplinesc aceleași funcții. Cu atît mai mult forma și mărimea nu pot să furnizeze vreo indicație. Nu rămîne decît poziția relativă, conexiunea reciprocă dintre organe. Este o achiziție de nezdruncinat: un organ poate fi mai ușor distrus decît mutat din locul lui. *Principiul conexiunilor* va fi deci pentru Geoffroy, cum o spune el însuși, busola lui, firul Ariadnei. Într-adevăr, dacă se neglijează această legătură fizică ce unește un organ cu altul, există riscul de a fi surprins de aparențe; analogiile vor dispărea în mulțimea deosebirilor, iar unitatea animalului abstract, pe care o maschează diversitatea formelor organice, va dispărea și ea.

Un exemplu foarte simplu, indicat de însuși Geoffroy, oferă o idee clară asupra metodei sale. Să examinăm, de exemplu, porțiunea terminală a membrului anterior. Acesta este format din trei segmente: brațul, antebrațul și o parte terminală susceptibilă a lua forme foarte diferite (mînă, gheară, aripă), dar care, cu toate aceste modificări secundare, are totdeauna o esență comună: de a fi a treia secțiune a membrului anterior. Organul este determinat astfel de o cauză neschimbătoare; modul de utilizare nu-l determină decît într-o manieră superficială. Ce poate fi mai diferit pentru niște ochi nepreveniți decît o mînă, o aripă, o înotătoare? Pentru anatomist, este unul și același lucru.

Principiul conexiunilor permite să se reintroducă în știință observarea mai atentă a organelor rudimentare. Ele nu pot prezenta nici un interes într-o anatomie comparată care pune pe primul plan criteriul funcțional. În lipsa unui organ complet, se regăsesc elementele care marchează persistența analogiei.

În sfîrșit, un al treilea principiu, cel al *echilibrării organelor*, decurge din principiul conexiunilor. O creștere într-un punct este urmată de o descreștere în alt punct: „Un organ normal sau patologic, spune Geoffroy, nu capătă niciodată o prosperitate extraordinară decît în măsura în care un alt organ din sistemul său ori din relațiile sale suferă în aceeași măsură". Este motivul, de altfel, pentru care un organ rudimentar este asociat în general cu un organ foarte dezvoltat.

CORELAȚII ȘI CONEXIUNI. Am examinat mai sus începuturile anatomiei comparate în două opere care s-au situat pe poziții opuse: cea a lui Cuvier, întemeiată pe principiul corelațiilor; cea a lui Geoffroy, care pleacă de la principiul conexiunilor. Există oare într-adevăr o opoziție între cele două puncte de vedere? Oare pot fi considerate ca incompatibile sau contradictorii corelațiile și conexiunile?

Geoffroy Saint-Hilaire vedea în principiul corelațiilor o formă deghizată de finalism și-i contesta valoarea și profunzimea. Metoda lui Cuvier este, după

părerea lui, puțin filozofică și superficială, ea nu permite decît aproximații și rămîne incapabilă să sesizeze analogiile profunde ale organelor pe care le maschează diversitatea formelor și a structurilor. Numai înfățișarea conexiunilor poate revela adevărata filozofie a animalității.

Ni se pare, dimpotrivă, că cercetarea corelațiilor și examinarea conexiunilor, departe de a se exclude, se completează; sînt două puncte de vedere asupra unor niveluri și aspecte diferite ale realității biologice.

Principiul corelațiilor îi permite paleontologului care dispune de piese incomplete să reconstituie animalul din care ele fac parte; este un principiu de sinteză cu ajutorul căruia ni se revelează ființa totală, plecînd de la elementele ei.

În prezența unei ființe foarte diferite de cele care trăiesc în prezent, principiul conexiunilor va face posibilă identificarea părților sale constitutive. Astfel, într-un membru anterior atît de profund modificat, cum este lopata înotătoare a unui ihtiozaur, aripa unui pterodactil sau piciorul unui cal, el va permite să se recunoască, în funcție de raporturile poziției, humerusul, oasele antebrațului, ale metacarpului etc. Este, prin urmare, un principiu de analiză.

Se mai poate spune că principiul corelațiilor reflectă unitatea și armonia în animalul însuși: iar principiul conexiunilor, unitatea și armonia în seria animală. Acest aspect complementar al celor două principii a fost sesizat în mod strălucit de către Goethe, care scria:

„Naturaliștii partizani ai lui Cuvier și cei ai lui Geoffroy îmi apar ca niște soldați care sapă, unii șanțuri de mină, alții de contramină; unii sapă dinafară spre interior, alții, din interior spre exterior; dacă sînt suficient de destoinici, ei trebuie să se întîlnească în adîncimi".

DISPUTA DINTRE CUVIER ȘI GEOFFROY SAINT-HILAIRE. Opoziția dintre Cuvier și Geoffroy a izbucnit în mod public, cu ocazia celebrei controverse care i-a situat pe poziții opuse, în 1830, în fața Academiei de Științe.

S-a scris mult despre aceasta. După cum apreciază majoritatea istoricilor moderni ai științei, a fost o dispută între fixismul personificat de către Cuvier, sprijinit, după cum se subliniază adesea, de puterea oficială, și evoluționismul în curs de dezvoltare reprezentat prin Geoffroy. Nu este posibilă o mai mare subapreciere a mărturiei istorice.

Să reamintim împrejurările în care a luat naștere controversa. În 1818, în lucrarea sa, intitulată *Philosophie anatomique*, Geoffroy își propune să caute răspuns, după cum am mai arătat, la următoarea întrebare: „Organizarea vertebratelor poate fi oare redusă la un tip uniform?" El stabilește, într-adevăr, la toate, existența acelorași substanțe organice. Acest punct de vedere nu era atît de diferit de cel al lui Cuvier care scria în 1812:

„Din modul cum se grupau totdeauna datele referitoare la fiecare organ, am tras concluzia că există între animale patru forme principale, dintre care prima este cea pe care o cunoaștem sub numele de animale vertebrate, iar celelalte trei sînt aproxima-

tiv comparabile cu prima prin uniformitatea planurilor lor respective. Eu le denumesc moluşte, animale articulate şi animale radiate... Am dedus din această dispunere o mare uşurinţă în a reduce la reguli generale diversitatea organizării".

Dar aceste asemănări pe care, cu nuanţe diferite, le admit toţi naturaliştii pentru vertebrate, rămîn oare valabile şi pentru alte încrengături? Geoffroy o susţine, fără a ezita să omologheze inelele articulatelor cu vertebrele vertebratelor; dar primele sînt structurate şi trăiesc în interiorul coloanei lor vertebrale, iar cele din urmă în exteriorul ei. „Fiinţe despre care se credea şi se spunea pînă acum că sînt fără vertebre, scrie el, vor trebui să figureze de aici înainte, în seriile noastre naturale, printre animalele vertebrate". O atare concluzie nu a întîrziat să provoace cele mai vii critici, mai cu seamă din partea lui Magendie. Totuşi, Cuvier a păstrat tăcerea, cu toate îndemnurile insistente ale lui Geoffroy: „Domnul Cuvier ar dori poate să se explice... Îl implor s-o facă", declara el. Ajungem la anul 1830. Meyrans şi Laurencet prezintă la Academia de Ştiinţe un memoriu avînd ca titlu: *Quelques considérations sur l'organisation des Mollusques*. Scopul acestei lucrări era de a arăta că, orientînd, în mod convenabil o moluscă cefalopodă, se regăsea o dispunere a organelor asemănătoare cu cea de la vertebrate. Adoptînd în întregime punctele de vedere ale lui Meyrans şi Laurencet, mergînd chiar mai departe decît ei, Geoffroy a proclamat universalitatea legii unităţii planurilor; atacîndu-l în mod direct pe Cuvier — care scrisese că „cefalopodele nu sînt nicidecum o formă intermediară", că ele înfăţişează un plan ce le este propriu —, Geoffroy declara că „o asemenea afirmaţie este anulată, că ea nu exprimă decît un stadiu perimat al ştiinţei, acela în care avea valoare numai cercetarea deosebirilor". Era greu pentru Cuvier să se mai abţină de a răspunde. Se poate vedea însă, din acest succint istoric, pe ce anume s-a axat controversa: pe unitatea de plan a vertebratelor, moluştelor şi artropodelor.

În analiza lucrărilor efectuate de Academie în cursul anului 1830, Cuvier se exprima astfel:

„Problema cel mai mult tratată a fost aceea de a şti dacă asemănarea de plan, a căre existenţă la animalele vertebrate o recunoaşte toată lumea, se extinde şi la alte încrengături, şi dacă pentru vertebratele înseşi această asemănare merge pînă la punctul de a putea fi numită identitate de compoziţie, sau, după cum se exprima la început dl. Geoffroy, în termeni categorici, dacă aceleaşi părţi se repetă în mod indefinit în aceleaşi animale".

Aşadar, după părerea lui Cuvier, punctul capital constă în a cunoaşte „dacă această asemănare între animalele vertebrate pe care o recunoaşte toată lumea se întinde şi la alte încrengături", cu alte cuvinte, există oare patru planuri generale de organizare, sau nu este decît unul singur?

Cînd Cuvier pretinde că există patru planuri, nu se poate spune că adoptă o poziţie fixistă; el respinge numai această analogie universală care nu i se pare a avea nici o fundamentare în fapte. Iar atunci cînd Geoffroy crede că

toate ființele pot fi reduse la un plan unic, cu atît mai mult el nu se situează pe o poziție evoluționistă, ci reia vechiul concept al clasificării ființelor, de care au abuzat atît de mult, sub forme diverse, naturaliștii din secolul al XVIII-lea.

C. INFLUENȚA FILOZOFIEI NATURII

ÎNCEPUTURILE ANATOMIEI COMPARATE ÎN GERMANIA. Dezvoltarea filozofiei naturii, printre ai cărei promotori s-a aflat și Schelling, a avut în Germania o mare influență, la începutul secolului al XIX-lea, asupra progresului gîndirii biologice. Goethe a fost primul ei reprezentant, dar Oken și Kielmeyer i-au dat cea mai mare strălucire.

După cum s-a subliniat de multe ori, există asemănări între gîndirea anatomiștilor germani și cea a lui Ét. Geoffroy Saint-Hilaire. Cu toate acestea, Geoffroy rămîne în contact cu faptele și nu încearcă să deducă dintr-un tip ideal, admis apriori, concepția generală asupra organizării animale.

Nu trebuie să se creadă, de altminteri, că naturaliștii germani au neglijat orice contact cu observația. Majoritatea, dacă nu toți, au fost elevi ai lui Cuvier, sau cel puțin erau pătrunși de opera sa.

Lui Kielmeyer i se datorează, fără îndoială, prioritatea ideii paralelismului dintre stadiile de dezvoltare individuală și stadiile evoluției pe scara filogenetică[2]. El o formulează, de altfel, într-o formă esențialmente fiziologică, declarînd că embrionul uman se caracterizează la început printr-o viață pur vegetativă, apoi duce o existență comparabilă cu cea a vertebratelor inferioare, capabile de mișcare, dar lipsite de simțuri, și, în sfîrșit, ajunge la nivelul vertebratelor superioare, care pot să se miște și să simtă.

Oken (1805 și 1809) exprimă aceeași idee. În cursul dezvoltării sale, animalul trece prin toate stadiile regnului animal, așa încît omul include în sine întregul ansamblu al acestui regn.

J.F. Meckel[3] (1811) expune pe larg dovezile paralelismului între stadiile embrionare ale animalelor superioare și stadiile adulte ale animalelor inferioare. Faptele pe care le invocă el nu arată însă un simț morfologic foarte ascuțit. Astfel, el nu ezită să compare placenta cu branhiile peștilor, moluștelor și viermilor, omologînd cotiledoanele cu tufele de branhii de la *Tethys* sau *Arenicola*.

În orice caz, în primii ani ai secolului trecut, legea paralelismului era în mod curent acceptată de către știința anatomică germană.

Să vedem însă care era poziția științei franceze, în această chestiune.

[2] În realitate, prioritatea unei asemenea concepții ar putea fi atribuită lui HARVEY (*De Motu Cordis*, 1628). „Parcurgînd totdeauna aceleași trepte, scrie el, fiecare animal se formează trecînd, ca să spunem așa, prin diferite etape de organizare ale scării animale, devenind rînd pe rînd ou, vierme, fetus și ajungînd în fiecare dintre aceste faze la perfecțiune" (trad. *Ch. Richet*).

[3] Meckel a fost elevul lui Cuvier. — *C.M.*

În timp ce Cuvier se ridica violent împotriva acestor concepții, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire pare să fi admis existența unui paralelism între dezvoltarea embrionară și dezvoltarea istorică a speciei. Amfibianul, declara el, este la început un pește sub formă de mormoloc, apoi cînd devine broască, o reptilă. Totuși, nu se poate afirma că el ar fi considerat dezvoltarea amfibianului ca o recapitulare a istoriei acestuia. Într-un caz particular, pare să adere într-adevăr la doctrina paralelismului, atunci cînd scrie:

„Avînd ideea de a număra atîtea oase (în craniul omului) cîte centre de osificare există, și încercînd să procedez apoi în acest fel, am avut ocazia să apreciez justețea acestei idei: peștii fiind, la prima lor vîrstă, în aceleași condiții relativ la dezvoltarea lor ca și fetusul mamiferelor, teoria nu oferea nimic care să contrazică această presupunere".

A trebuit să apară însă opera lui E.R.A. Serres pentru ca teoria paralelismului să-și capete întreaga sa dezvoltare în Franța. Încă din 1824, el îi acordă un rol important în lucrarea sa, *Anatomie comparée du cerveau*, și o prezintă cu toate dezvoltările sale în *Précis d'anatomie transcendante appliquée à la physiologie* (1842). În această lucrare este formulată afirmația pătrunzătoare:

„Organogenia omului este o anatomie comparată tranzitorie, după cum, la rîndul său, anatomia comparată este starea fixă și permanentă a organogenezei omului".

TEORIA ARHETIPULUI. Marele curent al filozofiei naturii va continua să se manifeste în științele organizării, inspirînd o nouă teorie a structurii vertebrale, teoria *arhetipului*.

Nu există o altă chestiune care să fi atras mai mult atenția anatomiștilor decît teoria arhetipului. Prioritatea ideii i se datorează lui Goethe. În 1790, el locuia la Veneția și, în cursul unei plimbări prin cimitirul evreiesc, la Lido, servitorul său a ridicat de pe jos și i-a întins un craniu de oaie pe care îl luase, de altminteri, drept un cap de om. Dintr-o dată lui Goethe i-a venit ideea că fața este compusă din vertebre.

Într-un mod destul de ciudat, Oken, în împrejurări asemănătoare, a ajuns la aceeași concepție, inspirîndu-se din ideile directoare ale filozofiei naturii.

„În august 1806, scrie el, călătoream prin Harz; cum mergeam printr-o pădure, am văzut la picioarele mele un craniu de căprioară albit de timp; l-am ridicat, l-am întors, l-am privit: este o coloană vertebrală, am exclamat. Această idee m-a izbit ca un fulger, și de-atunci se știe că craniul este o coloană vertebrală".

Așadar, ansamblul scheletului ființelor celor mai evoluate s-a arătat a nu fi decît o repetare a părților omologe mai mult sau mai puțin modificate. Teoria vertebrală a craniului a devenit repede celebră. Anatomiștii cu tendințe panteiste au întîmpinat în mod favorabil o doctrină care releva identitatea părților în aparență diferite, iar cei care țineau la ideea simplității și unității au acceptat-o cu tot atîta ușurință. În Germania, Spix publica, în 1815, sub titlul de *Cephalogenesis*, o importantă lucrare cu privire la craniu, pe care-l

considera ca fiind format din trei vertebre; Bojanus (*In Anatome testudinis europae*, 1819) credea că poate să stabilească existența unei a patra vertebre. În Franța, Duméril — într-o notă prezentată la Academia de Științe (1808) —, comparînd crestele și depresiunile regiunii occipitale cu suprafața posterioară a vertebratelor, aprecia că de fapt craniul nu este decît o vertebră uriașă; Blainville, Ét. Geoffroy Saint-Hilaire au adoptat și ei teoria vertebrală a craniului. Nu era decît o singură voce distonantă, cea a lui Cuvier. El admitea o oarecare asemănare a părții capului amplasată la extremitatea coloanei vertebrale cu vertebrele, întrucît funcțiile sale sînt într-adevăr analoge cu cele ale vertebrelor, deoarece ea lasă să treacă, la fel ca și acestea, marele trunchi medular.

„Dar articularea capului cu șira spinării prin elemente care se aseamănă cu cele care formează însăși șira spinării nu este un motiv să afirmăm că și capul, în întregime, poate fi considerat ca o vertebră dezvoltată. Nici una dintre celelalte părți ale capului nu s-ar putea găsi, chiar ca vestigiu sau ca germene, în nici o vertebră" (*Leçons d'anatomie comparée*, t. II).

Richard Owen[4] (1771—1858) avea să-i dea teoriei vertebrale a craniului și concepției arhetipului o formă cu adevărat științifică, marcată totuși de influența filozofiei naturii. Vederile sale teoretice sînt dezvoltate mai cu seamă în lucrarea *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton* (Londra, 1848). El combate pe discipolii lui Democrit și ai lui Epicur, care raționează astfel:

„Dacă lumea a fost făcută de un spirit sau de o inteligență preexistentă, adică de Dumnezeu, atunci ar fi trebuit ca el să fi avut o idee sau un model al universului înainte ca acesta să fi fost creat..." Nedescoperind nici un indice referitor la un arhetip ideal în lume sau în vreo parte a acesteia, ei au ajuns la concluzia că nu putea exista „nici cunoaștere, nici inteligență, înainte de începutul lumii, ca o cauză a sa".

Împotriva acestor afirmații, Owen proclamă existența arhetipului. Consideră că organismul vertebratelor este format din segmente asemănătoare, sau *vertebre*. Capul ar fi compus din patru vertebre: vertebra nasului, vertebra frunții, vertebra parietală, vertebra occipitală. Owen unește maxilarul superior cu vertebra nasului, mandibula cu vertebra frunții; centura pectorală și membrul anterior cu vertebra occipitală; bazinul și membrele posterioare cu vertebrele trunchiului. În organizarea vertebrală, totul ar fi fost ordonat în raport cu coloana vertebrală:

„Ideea arhetipului, scrie Owen, s-a manifestat în organismele de la suprafața planetei noastre prin diverse modalități, cu mult timp înainte de existența speciilor animale la care o vedem astăzi dezvoltată... Natura a înaintat cu pași lenți și maiestuos, călăuzită de lumina arhetipului în mijlocul ruinelor lumii anterioare, din epoca în care ideea vertebrală s-a manifestat sub vechea piele ichtică, pînă în momentul cînd ea s-a arătat sub haina glorioasă a formei umane".

[4] Elev al lui Cuvier. — *C.M.*

Adăugăm că dacă natura actuală poate să ofere, în unele cazuri, aspecte care explică modul în care unii naturaliști au ajuns să-și imagineze teoria arhetipului, nu tot așa stau lucrurile și în ceea ce privește natura din timpurile primare.

NOȚIUNEA DE OMOLOGIE. Pentru istoria științelor, este uimitoare amploarea și rapiditatea cu care s-a dezvoltat anatomia comparată în prima jumătate a secolului al XIX-lea. Am văzut născîndu-se, într-un fel, în puțini ani, marile principii ale corelației și conexiunii; iar discuțiile cu privire la unitatea planului structural și la arhetip, indiferent de concluzia lor, au îmbogățit în mod considerabil cunoștințele noastre referitoare la organizarea vertebratelor; un alt mare principiu, care constituie și în prezent unul dintre firele conducătoare ale cercetării, se va preciza în același moment: *noțiunea de omologie*.

De fapt, noțiunea de omologie a fost intuită de mult. Aristotel recunoscuse o unitate de structură în interiorul fiecărui grup mare, și ajunsese la concluzia că între elementele grupului trebuie să existe ceea ce numim astăzi o omologie a părților. Astfel, organele calului pot fi comparate cu cele ale altor patrupede, și la toate animalele din aceeași clasă organele nu diferă decît prin exces sau prin lipsă.

În secolul al XVI-lea, Belon a avut, de asemenea, intuiția noțiunii de omologie atunci cînd așeza, unul alături de celălalt, un schelet uman și un schelet de pasăre, dînd același nume oaselor ce i se păreau că sînt corespunzătoare. În descrierile sale, Daubenton a întreprins punerea în evidență a unor fapte asemănătoare. Geoffroy Saint-Hilaire a fost însă cel care a avut cu adevărat sentimentul exact al omologiilor. Se poate afirma că o asemenea noțiune a constituit una dintre caracteristicile esențiale ale filozofiei sale anatomice: un organ fiind totdeauna într-un raport constant de poziție cu cutare organ dat, situația lui permite în toate cazurile să fie recunoscut, sub orice formă s-ar prezenta el. E de adăugat că Geoffroy numea *analoge* (și nu omologe) organele care prezentau aceleași conexiuni.

Lui Richard Owen i se datorează deosebirea dintre organele analoge și cele omologe, pe care el o definește în felul următor: analoge sînt organele care au aceeași funcție; omologe, organele care au aceleași conexiuni, uneori cu formă și funcții diferite.

Owen distinge, în plus, omologia specială, omologia generală, omologia serială. Omologia specială pune pe același plan organe prezentînd aceleași conexiuni la două animale diferite; se exprimă unitatea de plan. Omologia generală marchează corespondența dintre un organ și tipul original: de exemplu, a spune că lama bazilară a occipitalului uman este corpul ultimei vertebre craniene înseamnă a enunța o omologie generală. În sfîrșit, există o omologie serială între elementele a căror serie constituie corpul animalului; dacă se admit ideile lui Owen referitoare la teoria vertebrală a craniului, se va putea afirma că există omologie serială între corpurile vertebrale, bazioccipital, bazisfenoid etc.

D. CONTRIBUȚIA EMBRIOLOGIEI

Am constatat în mai multe rînduri că dezvoltarea problemelor morfologice a fost influențată de contribuția disciplinelor învecinate: embriologia în a doua jumătate a secolului al XIX-lea, paleontologia în zilele noastre.

Se poate considera că Karl von Baer a fundat cu adevărat embriologia în marea sa lucrare: *Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion*, t. I, 1828, t. II, 1837).

Vom lăsa deoparte opiniile sale cu privire la evoluție și epigeneză, la geneza animalelor, și vom considera doar poziția sa față de teoria paralelismului. Pe baza unor studii îndelungate, Baer a ajuns la concluzia că „dezvoltarea individuală a animalelor superioare nu parcurge formele permanente ale animalelor inferioare" și el își dezvoltă punctul de vedere în următoarele patru propoziții, pe care le citățm după L. Vialleton:

1. Ceea ce este comun unui grup mai mare de animale se dezvoltă mai devreme în embrion decît ceea ce este specific unui grup mai restrîns.

2. Din dispozițiile sau alcătuirile cele mai generale derivă ceva mai puțin general și așa mai departe pînă ce se ajunge, în sfîrșit, la structurile cele mai specializate.

3. Fiecare embrion al unui animal dat, în loc să parcurgă alte forme determinate, dimpotrivă, se distinge de acestea.

4. Embrionul unei forme superioare nu se aseamănă cu adultul formei inferioare, ci numai cu embrionul acesteia.

Rathke (1793—1860) este o altă figură marcantă din perioada de început a aplicării embriologiei la anatomia comparată a vertebratelor. Într-o lucrare publicată în 1812 (*Anatomisch-philosophische Untersuchung über den Kiemen-Apparat und das Zungenbein*), el folosește caracterele dezvoltării pentru a stabili omologia arcurilor branhiale în seria vertebratelor. Studiază apoi transformările la vertebratele superioare, stabilind omologia mandibulei cu arcurile branhiale; influențat de concepția reprezentanților filozofiei naturii, continuă să admită o anumită omologie între arcurile branhiale și coaste, dar nu acceptă decît cu rezervă teoria vertebrală a craniului pe care o apăra în același timp Johannes Müller.

Lui Reichert i se datorează poate cea mai strălucită aplicare a embriologiei la anatomia comparată. El descoperă în 1837 adevăratele omologii ale osișoarelor urechii medii a mamiferelor, ciocănelul corespunzînd articularului de la mandibula reptilelor; nicovala, osului pătrat; scărița, unei părți a celui de-al doilea arc visceral. Cuceririle cele mai recente ale paleontologiei au confirmat în întregime concepțiile lui Reichert; deținem acum date concrete care permit să se urmărească în mod istoric transformările prevăzute de acest mare embriolog. Cercetările sale asupra dezvoltării vertebratelor par a confirma teoria vertebrală a craniului.

CRITICA TEORIEI VERTEBRALE A CRANIULUI. Am arătat cu cîtă ardoare se ridicase Cuvier împotriva teoriei vertebrale a craniului. Dacă pentru moment aceasta părea să triumfe, în urma cercetărilor embriologice ale lui Rathke și Reichert și a dezvoltării pe care i-a dat-o Owen, grupul de oponenți a persistat, cu Vogt, Agassiz, Remak. Dar Th. Huxley a dat o lovitură decisivă acestei concepții printr-un memoriu celebru, intitulat: *On the Theory of the Vertebrate Skull* (1858).

După ce a stabilit planul fundamental comun pentru craniu în toate clasele vertebratelor — în același timp, în cursul dezvoltării embriologice și în structura adultului — el a arătat că, în formarea sa, craniul trece la început printr-un stadiu membranos, apoi cartilaginos, și că elementele osoase ce se formau ulterior la tipurile cele mai înaintate ofereau și mai puține raporturi cu un mod de segmentare comparabil cu cel al coloanei vertebrale, decît stadiile anterioare cartilaginoase. În realitate, craniul este constituit cu mult timp înainte de a apărea vertebra; el nu poate deci să derive din ea. De data aceasta, critica teoriei vertebrale a fost decisivă; puțin cîte puțin, în special ca urmare a lucrărilor anatomiștilor germani Gegenbaur, Froriep, Fürbringer etc., teoriei vertebrale a craniului i-a fost substituită teoria segmentară.

Memoriul lui Huxley a fost publicat exact cu un an înainte de apariția lucrării lui Darwin, *Originea speciilor*. Spiritul nou care a fost introdus în studiul ființelor vii nu putea să nu influențeze cercetările de anatomie comparată.

E. ANATOMIA COMPARATĂ ȘI PUNCTUL DE VEDERE AL EVOLUȚIEI

Este un fapt remarcabil și adesea subliniat că anatomia comparată a jucat un rol redus în elaborarea teoriilor evoluției. Și totuși, este neîndoios faptul că doctrina unității de plan și de componență, de exemplu, ar fi putut să fie punctul de plecare nu, desigur, al unei teorii privind mutabilitatea speciilor, ci a transformărilor tipurilor de organizare.

Cartea lui Darwin și întoarcerea la ideile lamarckiene nu au constituit o contribuție directă la dezvoltarea anatomiei comparate, ele au creat însă o stare de spirit nouă; iar dacă concepțiile elaborate de naturaliștii din prima jumătate a secolului au rămas valabile, ele au fost totuși privite într-o nouă perspectivă.

Deși considerațiile morfologice nu dețin în cadrul lor decît un loc infim, chiar în *Originea speciilor* se găsește anunțată această schimbare. Influența lui Geoffroy Saint-Hilaire și a lui Owen este evidentă, și Darwin reia în diverse pasaje examinarea problemelor de anatomie comparată în același mod ca și Geoffroy:

„Ce poate fi mai curios decît faptul că mîna unui om, făcută pentru a apuca, laba unei cîrtițe, făcută pentru a săpa, piciorul unui cal, paleta unui delfin și aripa unui liliac sînt toate construite după același model și cuprind oase

similare, în aceleași poziții relative?... Geoffroy Saint-Hilaire a insistat foarte mult asupra marii importanțe a poziției relative sau a conexiunii părților omologe: ele pot diferi oricît de mult ca formă și dimensiuni și să rămînă totuși legate între ele în aceeași ordine invariabilă... Nimic nu poate fi mai lipsit de orice perspectivă decît încercarea de a explica această asemănare de structură la reprezentanții aceleiași clase prin utilitate sau prin doctrina cauzelor finale. Caracterul desperat al unei asemenea încercări a fost pe deplin recunoscut de Owen, în lucrarea sa extrem de interesantă despre *Natura membrelor*.

„...Explicația este foarte simplă prin teoria selecției modificărilor mici succesive — fiecare modificare fiind folositoare într-un anumit fel formei modificate, dar afectînd adesea, prin corelație, alte părți ale organizației. În schimbările de această natură, nu va exista de loc sau va exista numai o slabă tendință de a schimba modelul original, sau de a schimba așezarea părților... Dacă presupunem că la un strămoș îndepărtat — la arhetipul, cum ar putea fi numit — al tuturor mamiferelor, păsărilor și reptilelor, membrele erau construite după modelul general existent, indiferent la ce serveau aceste membre, vom înțelege ușor întregul sens al structurii omologe a membrelor la toate clasele"*.

Așadar, reluînd oarecum punctele de vedere ale lui Owen, Darwin identifică arhetipul cu strămoșul comun și admite că orice modificare de adaptare conduce în mod obligatoriu la schimbări corelative necesare ale altor organe. Concepțiile morfologice ale lui Darwin nu țin de loc cont, de altfel, de situația științei din epoca sa. El pare să fi ignorat remarcabilele lucrări ale școlii germane de embriologie (Rathke, Reichert). Deși a cunoscut opera lui Th. Huxley, el se inspiră mai cu seamă din Owen și nu pregetă să afirme că termenul de metamorfoză, al filozofilor naturii, poate fi folosit în sensul său literal.

Lăsînd deoparte criticile ridicate de teoria sa asupra evoluției, voi indica doar esențialul obiecțiilor ce i-au fost adresate lui Darwin de anatomiști privitoare la concepția sa despre organizarea animală. Pare neîndoielnic faptul că Darwin nu a avut decît o idee incompletă despre principiul corelațiilor, și că el a înțeles pe dos principiul condițiilor de existență emis de Cuvier. E.S. Russell a făcut în această privință unele observații pătrunzătoare. Tocmai această dificultate de a înțelege corelațiile în ipoteza darvinistă l-a condus pe Von Baer, apoi pe Kölliker, la respingerea vederilor naturalistului englez. Deși au admis posibilitatea evoluției, li se părea totuși necesar, mai ales primului, să existe un principiu director al transformărilor.

ANATOMIE COMPARATĂ ȘI EVOLUȚIE. Ajungem acum la concepțiile anatomiștilor autentici care, aderînd dacă nu întru totul la concepțiile darviniste, cel puțin la teoria generală a evoluției, căutau să transpună în domeniul lor de studiu punctul de vedere nou. Un nume domină această fază a anatomiei comparate, și anume cel al lui Carl Gegenbaur[5] (1826—1903).

* CH. DARWIN, *Originea speciilor*, Editura Academiei, București, 1957, pp. 349 — 351.

[5] În laboratorul lui Gegenbaur a lucrat Paul Bujor (1862—1952), profesor de morfologie la Universitatea din Iași.—*C.M.*

Marea sa lucrare: *Grundzüge der vergleichenden Anatomie*, a cărei a doua ediţie a fost publicată în 1870, expune problemele anatomiei comparate în perspectiva evoluţionistă. Desigur că, aproximativ în acelaşi moment, mai cu seamă în Germania, alţi naturalişti, în special Haeckel, dezvoltau puncte de vedere asemănătoare; dar singurul care deţinea o cunoaştere completă a acestei ştiinţe era Gegenbaur, ceea ce îl desemna ca urmaş direct al lui Cuvier.

Totuşi, prioritatea pe care o acordă poziţiei organelor asupra rolului lor fiziologic îl apropie de Geoffroy Saint-Hilaire:

„Anatomia comparată ne permite să dispunem organele în serie; în interiorul acestor serii întîlnim variaţii uneori neînsemnate, alteori importante; ele afectează extinderea, numărul, forma, textura părţilor organului, şi pot conduce astfel, dar numai într-o măsură foarte redusă, la schimbări de poziţie".

Gegenbaur interpretează omologia ca un rezultat al eredităţii; diferenţele ce se constată între organele omologe se datoresc adaptării.

„Teoria evoluţiei, scrie el, arată că ceea ce era numit altădată „plan structural" sau „tip" este ansamblul organizării animale transmise de ereditate, în timp ce ea explică modificările acestor dispuneri ca stări adaptative. Ereditatea şi adaptarea reprezintă astfel cei doi factori importanţi prin care se explică unitatea şi varietatea organizării" (*Grundzüge der vergleichenden Anatomie*, p. 71).

Pentru a înţelege corelaţiile, este necesar să se ia în considerare funcţiile, dar şi raporturile funcţionale ale organismului cu mediul. Avem aici, aproape textual, concepţiile lui Cuvier. Dar „scopul esenţial al anatomiei comparate va fi de a găsi indiciile conexiunilor genetice în organizarea animală", şi noţiunea de omologie va fi firul conducător al unei asemenea cercetări. Ea constituie tocmai principiul fundamental al anatomiei comparate evolutive:

„În omologia mai mult sau mai puţin riguroasă, vedem expresia unui grad mai mult sau mai puţin apropiat de rudenie. Această înrudire devine îndoielnică exact în proporţia în care devin incerte dovezile de omologie".

Nu am putea sublinia mai mult importanţa operei lui Gegenbaur. Ea se încadrează perfect în marele curent care a luat naştere o dată cu Cuvier şi Geoffroy, continuă, pe un plan diferit, opera şcolii germane de embriologie şi deschide calea unei serii de lucrări care au adus contribuţii esenţiale în domeniul ştiinţei organizării, cele mai principale dintre acestea datorîndu-se lui Fürbringer, Gaupp etc.

ANATOMIE COMPARATĂ ŞI FILOGENIE. Vom încerca să precizăm concepţiile anatomiştilor din secolul trecut, referitoare la problema filogeniei, atît de strălucit abordată de Gegenbaur.

Se va remarca mai întîi, cu E.S. Russell, strînsa afinitate intelectuală dintre anatomiştii evoluţionişti şi şcoala lui Geoffroy, precum şi aceea a transcendentaliştilor din Germania.

Principiul conexiunilor rămîne firul conducător al studiilor morfologice; într-o formă puţin diferită, se continuă imaginarea de arhetipuri; legea para-

lelismului devine legea recapitulării filogeniei în ontogenie, iar sistemul clasificării naturale conturează arborele genealogic al lumii vii. Aceeași tendință, atît la unii, cît și la ceilalți, de a accepta soluțiile simple; nu a putut fi prea diferit nici modul de a gîndi, care l-a condus pe Geoffroy la părerea că artropodele sînt alcătuite după același plan structural ca și vertebratele, și pe Semper sau Dohrn de a considera că unele derivă din celelalte.

Între punctul de vedere funcțional al lui Cuvier și punctul de vedere structural al lui Geoffroy Saint-Hilaire, anatomiștii de la sfîrșitul secolului al XIX-lea l-au ales pe cel de-al doilea, ceea ce a condus la implicații evolutive ciudate. Întrucît se regăsesc peste tot aceleași elemente, în același număr și cu aceleași conexiuni, natura nu creează nimic; nici o trăsătură cu adevărat originală nu se manifestă în cursul transformării ființelor. Principiul omologiei este, în fond, un principiu de indentitate; el explică un organ identificîndu-l cu un altul. Este ideea pe care o exprima Hubrecht în 1887, într-un studiu în care pretindea să stabilească o legătură genetică dintre nemerțieni și vertebrate:

„La originea speculațiilor cuprinse în acest capitol stă convingerea, asupra căreia a insistat atît de mult Darwin, că organe noi nu pot apărea prin acțiunea selecției naturale, cel puțin în cazul în care nu au fost precedate de altele, din care să fi derivat treptat printr-o modificare lentă".

La fel, Dohrn afirmă că natura folosește organele vechi în loc să creeze altele noi. Și el consideră ca derivate, de exemplu, structura branhiilor din organele segmentare, înotătoarele din branhii etc., în loc să admită că aceste organe s-ar fi putut forma într-un mod independent. Identifică conceptul de „formație nouă" cu *generatio equivoca*. Cu alte cuvinte, i se refuză vieții posibilități creatoare. Este surprinzător în acest caz să constatăm că introducerea conceptului de durată în evoluție îi subliniază caracterul creator și apropie această tendință nouă de gîndirea lui Cuvier, pentru care natura era capabilă să creeze organe noi, în vederea unor nevoi noi.

■

Această succintă privire asupra istoriei anatomiei comparate a vertebratelor din secolul al XIX-lea arată că majoritatea conceptelor fundamentale au fost elaborate în prima jumătate a secolului. Cuvier acorda o importanță primordială funcției, în timp ce Geoffroy și transcendentaliștii germani elaborau o știință pur formală. În a doua jumătate a secolului al XIX-lea, anatomiștii adepți ai teoriei evoluției păstrează aceleași concepte, dar transpunîndu-le; de la o ordonare logică, ei trec la o ordonare în funcție de geneză. Perioada actuală, pe care o vom studia în volumul următor, se va caracteriza în principal printr-o strînsă asociere a paleontologiei cu anatomia, ceea ce va permite edificarea unei adevărate științe a organizării.

CAPITOLUL II
Paleontologia vertebratelor

A. CUVIER ŞI NAŞTEREA PALEONTOLOGIEI VERTEBRATELOR

„Am încercat în această lucrare să străbat un drum pe care nu s-au hazardat decît cîţiva paşi, şi să fac cunoscute un gen de monumente aproape totdeauna neglijate. Anticar al unei specii noi, a trebuit să învăţ a descifra şi a restaura aceste monumente; să recunosc şi să alătur în ordinea lor primitivă fragmentele separate din care ele se compun; să reconstitui fiinţele antice cărora le aparţineau aceste fragmente; să le reproduc păstrînd proporţiile şi caracterele lor; în sfîrşit, să le compar cu cele care trăiesc astăzi pe suprafaţa globului: artă aproape necunoscută..."

Cu această frază începe *Discours préliminaire des recherches sur les ossements fossiles*, în care Georges Cuvier a stabilit fundamentele paleontologiei vertebratelor.

Dar orice operă, oricît de originală ar fi, este legată totdeauna, printr-o filiaţie mai mult sau mai puţin directă, de operele care au precedat-o. Pentru a-i înţelege contribuţia nouă, este indispensabil s-o reaşezăm în succesiunea istorică, ea fiind una dintre verigile acestei succesiuni.

ŞTIINŢA VERTEBRATELOR FOSILE ÎNAINTE DE CUVIER. Dacă, încă din timpurile străvechi, oamenii au remarcat grămezile de scoici conservate la distanţe mari de ţărm, dacă Bernard Palissy, Leonardo da Vinci au declarat că acestea sînt cochilii fosile, depozitate cîndva de apele mărilor în locurile unde ea se găsea pe atunci, rămăşiţele vertebratelor au atras mai puţin atenţia. Cu toate acestea, osemintele de proboscidieni, care erau uşor de observat datorită taliei lor mari, au dat naştere, chiar în cursul secolului al XVII-lea şi începutul secolului al XVIII-lea, la o mulţime de legende şi tradiţii referitoare la o pretinsă rasă de uriaşi care ar fi populat Pămîntul în primele timpuri.

Buffon a avut, printre primii, intuiţia că aceste oseminte aparţinuseră unor fiinţe dispărute, care nu aveau un echivalent exact în lumea actuală:

„Oasele fosile extraordinare ce se găsesc în Siberia, în Canada, în Irlanda şi în mai multe alte locuri par a confirma ipoteza aceasta, deoarece pînă în prezent nu se cunoaşte un animal căruia să i se poată atribui aceste oase care sînt, în majoritatea lor, de o mărime şi de o grosime exagerate".

Dar Buffon s-a limitat la aceste considerații generale asupra ființelor dispărute. Venit prea devreme, îi lipsea sprijinul anatomiei comparate, încă inexistente.

El a intuit totuși, numai prin lumina geniului său — după expresia lui Flourens —, marile destine ale paleontologiei. În volumul patru din *Histoire naturelle des mineraux*, apărut cu un an înainte de moartea sa, el scria:

„Această muncă asupra naturii vechi ar necesita ea singură mai mult timp decît mi-a rămas să trăiesc, și eu nu pot decît s-o recomand posterității... Părăsesc cu regret aceste obiecte interesante, aceste monumente prețioase ale naturii bătrîne, pe care propria mea bătrînețe nu-mi lasă timpul să le examinez suficient pentru a putea trage concluziile pe care le întrevăd. Alții vor veni după mine, care vor putea evalua..."

O istorie a începuturilor paleontologiei vertebratelor care ar trece sub tăcere numele lui Camper și Pallas ar fi incompletă. Pallas a semnalat atenției savanților elefanții și rinocerii acoperiți cu păr, prinși în gheţurile Siberiei; Camper a emis, în 1787, opinia că anumite specii au fost distruse prin revoluțiile globului terestru, întemeind această afirmație pe fapte concrete. Dar numai începînd cu Cuvier știința fosilelor își va stabili cu adevărat metoda și scopurile sale.

OPERA PALEONTOLOGICĂ A LUI GEORGES CUVIER. O mare parte a activității științifice a lui Cuvier a fost consacrată paleontologiei.

La 20 ianuarie 1793, el a prezentat în fața Institutului național primul său memoriu asupra speciilor de elefanți fosili comparate cu speciile vii, memoriu urmat curînd de o serie de studii publicate în „Bulletin de la Société philomathique", „Magasin encyclopédique" și „Annales du Muséum".

În 1812, apărea prima ediție din *Recherches sur les ossements fossiles où l'on rétablit les caractères de plusieurs animaux dont les révolutions du Globe ont détruit les espéces*, lucrare care nu era altceva decît o culegere a studiilor anterioare ale autorului. O a doua ediție, îmbogățită cu fapte noi și modificată în ceea ce privește planul, a fost publicată din 1821 pînă în 1824; o a treia, datînd din 1825, nu se deosebea de precedenta decît prin cîteva dezvoltări adăugate la celebrul *Discours préliminaire*, tipărit deseori în mod separat sub titlul: *Discours sur les révolutions de la surface du Globe, et sur les changements qu'elles ont produits dans le régne animal.*

„Dacă ne interesează, declară el, să cercetăm copilăria speciei noastre, urmele aproape stinse ale atîtor națiuni apuse, cum să nu ne intereseze să investigăm în bezna copilăriei Pămîntului urmele revoluțiilor anterioare existenței tuturor națiunilor? Admirăm forța prin care spiritul uman a măsurat mișcările globurilor pe care natura părea să le fi sustras pentru totdeauna privirii noastre... Oare nu ar fi pentru oameni o glorie dacă ar ști să treacă dincolo de limitele timpului și să regăsească, prin mijlocirea cîtorva observații, istoria acestei lumi și o succesiune a evenimentelor care au precedat nașterea neamului omenesc?"

Astfel era precizat scopul de atins, în timp ce ştiinţa fiinţelor dispărute se găsea definită în toată amploarea ei.

IMPORTANŢA MAMIFERELOR. Cuvier nu se putea gîndi să întreprindă studiul tuturor fosilelor. Trebuia să aleagă din imensa varietate a produselor naturii. El s-a oprit la studiul osemintelor aparţinînd patrupedelor (am spune astăzi mamiferelor), ca fiind cele mai propice pentru a conduce la rezultate riguroase stabilirea unei teorii a Pămîntului.

Fiind animale de uscat, apariţia patrupedelor în cuprinsul unui strat al scoarţei evidenţiază faptul că teritoriul corespunzător acestui strat nu era acoperit odinioară de apă; cu ajutorul lor putem cunoaşte şi reconstitui deplasările mărilor. În plus, este evident că revoluţiile globului au avut asupra patrupedelor acţiunea cea mai directă şi mai imediată. În sfîrşit, prin intermediul lor se poate sesiza cel mai clar această acţiune. Numărul patrupedelor fiind limitat, iar majoritatea speciilor binecunoscute, este relativ uşor să te asiguri dacă anumite oseminte fosile aparţin uneia dintre ele, sau dacă provin de la o specie stinsă; întrucît „cel mai mare pas care ar fi putut să fie făcut spre perfecţiunea teoriei Pămîntului ar fi fost să se dovedească că aceste animale, ale căror rămăşiţe se găsesc răspîndite în toate punctele globului, nu mai există astăzi".

Trebuia cunoscută deci modalitatea de a determina cu precizie, pe baza unui fragment de os, animalul căruia îi aparţinuse, artă ce avea să fie creată în momentul cînd Cuvier şi-a început cercetările.

Anatomia comparată, pe care el o perfecţionase, îi oferea principiul necesar acestei determinări: *principiul corelaţiei structurilor.*

PRINCIPIUL CORELAŢIEI. Nu vom relua aici decît concluziile lui. Din forma dinţilor, de pildă, se va putea deduce forma condilului, iar din forma membrelor, cea a organelor digestive.

Această deducţie riguroasă, chiar dacă nu întotdeauna infailibilă, i-a permis deseori lui Cuvier să recunoască un animal după un fragment de os. Este cunoscută anecdota pe care a relatat-o el însuşi referitor la descoperirea unui *Didelphus* în ghipsul de la Montmartre: studiul dinţilor arătîndu-i o analogie perfectă a acestui animal fosil cu genurile *Sarigna* şi *Dasiurus*, el a fost convins, chiar înainte de a fi văzut scheletul bazinului, că acesta avea oase marsupiene. În prezenţa cîtorva amici, el a pus să se sape roca, pentru a se scoate la iveală bazinul, iar oasele marsupiale, a căror existenţă o dedusese, au fost într-adevăr descoperite (*Recherches sur les ossements fossiles...*, t. III, p. 292).

Asemenea aplicaţii ale principiului corelaţiilor, aceste reconstituiri ale unui animal întreg după anumite părţi ale lui, aveau într-adevăr darul de a mira şi uimi. Într-o pagină grandilocventă, Balzac exprimă această admiraţie:

„...Nemuritorul nostru naturalist a reconstituit lumi plecînd de la oseminte albite, a reclădit, ca şi Cadmus, cetăţi pornind de la nişte dinţi, a repopulat mii de păduri cu toate misterele zoologiei, cercetînd cîteva fragmente de huilă, a regăsit populaţii de uriaşi în piciorul unui mamut... El trezeşte neantul... sapă o părticică de ghips, zăreşte o amprentă şi ne strigă: Priviţi! Deodată, marmurile prind viaţă, ceea ce e mort se însufleţeşte, lumea începe să prindă viaţă!" (Balzac, *La peau de chagrin*).

TABLOUL REZULTATELOR GENERALE ALE CERCETĂRILOR PRIVIND OSEMINTELE FOSILE. a) *Speciile fosile comparate cu speciile vii.* Primul obiect al cercetărilor lui Cuvier era comparația speciilor fosile cu cele actuale. Autorul nu și-a impus cîtuși de puțin să urmeze ordinea zoologică ori geologică: el își prezintă descoperirile în ordinea în care le-a făcut. Studiază mai întîi ceea ce numea pahiderme, grupă împărțită acum în proboscidieni, perisodactile și artiodactile; apoi rumegătoarele, carnivorele, edentatele. Ultimul volum al lucrării este consacrat reptilelor.

Vom expune, cu cîteva amănunte, numai cercetările asupra mamiferelor din ghipsul de la Montmartre. Osemintele lor erau amestecate laolaltă. Cu un asemenea exemplu vom putea desprinde cel mai bine forța și logica metodei (*Recherches sur les ossements fossiles...*, t. III, pp. 1—151).

Primul lucru care trebuie făcut în studierea unui animal fosil, declară Cuvier, este să se recunoască forma molarilor; se determină în felul acesta dacă el este erbivor sau carnivor, și se poate chiar preciza, în anumite cazuri, ordinul căruia îi aparține. În carierele de ghips de la Montmartre, dinții cei mai numeroși erau de erbivore; după ce a restabilit dentițiile complete, Cuvier a constatat că ele se repartizau la două specii diferite — una fiind prevăzută cu canini proeminenți, alta avînd canini care nu depășeau nivelul altor dinți. Primei specii i-a dat denumirea de *Palaeotherium*; celei de-a doua, de *Anoplotherium*.

Cuvier a procedat apoi la reconstituirea capetelor — și a devenit curînd evident că ele erau de două feluri.

Unele fragmente de craniu prezentau încă dinți așezați la locul lor, ceea ce a permis să se stabilească corespondența dintre cele două tipuri de capete și cele două forme de dentiție.

A trebuit apoi să se procedeze la reconstituirea picioarelor. La cele de dinapoi, se puteau distinge două tipuri, fie prin numărul degetelor, fie prin forma astragalelor. Unele aveau trei degete, iar astragalul prezenta o suprafață tarsiană plată și una cuboidiană strîmtă, ca la tapiri, rinoceri și cai; altele aveau două degete și astragalul cu o față tarsiană în formă de scripete împărțită în două adînciturі printr-o creastă proeminentă, ca la porci și la hipopotami.

Erau, de asemenea, două feluri de picioare de dinainte; unele cu trei degete, altele cu două.

Făcînd apel la legile analogiei și corelînd dimensiunile lor, Cuvier a grupat picioarele din spate cu trei degete și cele din față cu trei degete, precum și picioarele din spate cu două degete și cele din față avînd două degete.

Rămînea deci să raporteze fiecare picior la capul corespunzător și fiecare cap la sistemul său dentar.

Capul *Paleotherium*-ului se aseamănă atît de mult cu cel al tapirului, și piciorul acestuia din urmă, cu trei degete, este de asemenea atît de apropiat de cel al tapirului, „încît nici un naturalist, obișnuit cu analogiile, nu ar putea să nu exclame imediat că acest picior este făcut pentru acest cap, iar acest cap, pentru acest picior" (*Recherches sur les ossements fossiles...*, t. III, p. 243).

Picioarele cu două degete sînt *Anoplotherium*, și toate afinitățile lor zoologice confirmă această apartenență.

Abia terminase Cuvier munca de reconstituire, că descoperirea unui schelet întreg, într-o carieră din Pantin, a venit să confirme deducțiile sale.

Cu ajutorul aceleiași metode, Cuvier a făcut să reînvie un număr de specii dispărute și a stabilit că orice specie fosilă — în afara cîtorva rare excepții (în special la boi și la cai) — este o specie dispărută.

b) *Raporturile dintre speciile fosile și straturile globului.* Al doilea obiect al cercetărilor lui Cuvier și, după părerea sa, cel mai esențial este stabilirea raporturilor dintre studierea fosilelor și teoria Pămîntului — a ști în ce straturi pot fi găsite diferitele specii, a pune în evidență cîteva legi generale privind această distribuție.

Limitîndu-se la vertebrate patrupede, constată că oviparele au apărut cu mult înaintea viviparelor și că ele sînt mai puternice și mai variate în stratele vechi decît la suprafața actuală a globului. Cum moluștele și peștii nu existau în epoca formării terenurilor primordiale, se poate crede că patrupedele ovipare au apărut în același timp ca și peștii. Patrupedele vivipare nu s-au ivit decît mult mai tîrziu, cînd au sedimentat calcare grosiere, care includ scoici atît de asemănătoare cu cele care trăiesc în prezent.

Așadar, mai multe populații diferite au trăit succesiv pe acea parte a globului care ne este accesibilă. Trei dintre ele sînt clar delimitate. Prima includea pești și reptile monstruoase; nu existau pe atunci decît cîteva mamifere mici. A doua era caracterizată mai cu seamă prin paleoteriu și anoploteriu, ale căror prime rămășițe au fost găsite în ghipsurile de lîngă Paris. În această perioadă încep să domine mamiferele. Cea de-a treia cuprindea mamuți, mastodonți, hipopotami, rinoceri.

Nu au fost găsite încă urme de fosile umane. Cuvier trece în revistă toate osemintele considerate a fi de acest fel și își demonstrează cu ușurință afirmația. *Homo diluvii testis* a lui Scheuchzer este o salamandră uriașă; la Canstadt fusese exhumat un fragment de maxilar, dar săpăturile au fost făcute fără suficientă atenție. Peste tot în altă parte, oasele bănuite a fi de om s-au dovedit a fi aparținut unui animal.

„Toate acestea ne conduc la credința că specia umană nu există de loc în locurile unde se descoperă osemintele fosile, în epoca catastrofelor care au îngropat aceste oase" (*Discours sur les révolutions du globe...*, p. 68).

Se poate defini astfel o a patra și ultimă epocă, aceasta fiind epoca omului și a speciilor domestice.

PALEONTOLOGIA ȘI PROBLEMA MUTABILITĂȚII SPECIILOR. Se întîmplă deseori, atunci cînd se încearcă să se aprecieze poziția lui Cuvier în raport cu transformis-

mul, să se confrunte negările sale cu rezultatele actuale ale științei. Nimic nu este mai opus metodei istorice decît o asemenea atitudine:

„A transpune în secolele trecute, spunea Montesquieu[1], toate ideile din secolul în care trăiești este cea mai fecundă dintre sursele de erori" (*Esprit des lois*, XXX, 14).

Trebuie să ne transpunem în atmosfera intelectuală a momentului și să considerăm teoriile pe care le combătea Cuvier sub forma și cu rezonanța pe care le aveau ele pe atunci.

La începutul secolului al XIX-lea, problema mutabilității speciilor fusese pusă deja de doi naturaliști cu o erudiție foarte inegală: Maillet, a cărui operă se situează spre mijlocul secolului al XVIII-lea (cf. t. II, p. 608), și Lamarck, contemporan al lui Cuvier.

Maillet[2] apreciază că tot ceea ce trăiește vine din mare: „Oare nu este cel puțin firesc s-o credem, ținînd seama de certitudinea pe care o avem că toate pămînturile noastre locuibile sînt ieșite inițial de sub ape?" Pentru a sprijini vederile sale, Maillet prezintă observații surprinzătoare, care arată că, în epoca în care scria, științele naturale nu reușeau totdeauna să se desprindă din domeniul miraculosului.

Va apărea firească atitudinea lui Cuvier, care nu a crezut de datoria sa să ia în discuție o asemenea teorie a mutabilității speciilor. De altfel, am putea să ne întrebăm dacă Maillet, care și-a dedicat cartea „ilustrului Cyrano de Bergerac", își considera opera cu tot atîta seriozitate cum au făcut-o unii istorici ai științelor.

Ideile lui Lamarck referitoare la transformarea speciilor le-au apărut naturaliștilor din secolul al XIX-lea ca o simplă extindere (cu mai multă erudiție) a sistemului lui Maillet. Din opera lui Lamarck nu mai reținem actualmente decît *Philosophie zoologique*. Dar contemporanii săi citeau și alte lucrări ale lui, în special *Hydrogéologie*. În timp ce se aprecia de mult că „numai prin experiențe fine, raționale și susținute natura poate fi forțată să-și dezvăluie secretul", că „orice alte metode nu au reușit niciodată"[3], Lamarck, creează, fără a experimenta, o chimie pe care nu se temea s-o opună chimiei lui Lavoisier (cf. Cuvier, *Éloge historique de Lamarck*, 1832).

În domeniul științelor vieții, el afirma, ca și Maillet, că „totul a fost lichid la origine; că lichidul a zămislit animalele, la început foarte simple, cum sînt monadele, infuzorii și alte animale microscopice; că, o dată cu scurgerea timpului, căpătînd diferite însușiri, rasele animale s-au complicat și s-au diversificat

[1] Montesquieu este considerat de Gavin de Beer (Cambridge, 1958) ca un precursor al lui Darwin prin lucrarea sa *Observations sur l'histoire naturelle* (Bordeaux, 1721). — *C.M.*

[2] BENOIST DE MAILLET (1659—1738) este autorul lucrării *Telliamed* sau *Convorbirile unui filozof indian cu un misionar francez asupra micșorării mării, formării Pămîntului și originii omului* (1735) (v. Y. ROSTAND, *L'Évolution des espèces*, Paris, 1932, p. 42.) — *C.M.*

[3] Aceste citate sînt extrase din Prefața lui Buffon la traducerea lucrării *Statique de végétaux*, de HALES, publicată, în 1735.

așa după cum le vedem astăzi"[4]. În felul acesta rezuma Cuvier doctrina lamarckiană, și se înțelege astfel mai bine aprecierea pe care o făcea asupra lui Lamarck, așezîndu-l în rîndul acelor savanți care „nu au putut evita să amestece, printre descoperirile adevărate cu care au îmbogățit cunoștințele noastre, și concepții fantastice", și care au construit cu migală „vaste edificii pe baze imaginare".

După părerea lui Cuvier, teoria biologică a lui Lamarck trebuie să urmeze în deplină pace și uitare teoria lui chimică; și aceasta, pentru același motiv: ea nu este decît rodul imaginației, și nu al observării și experimentului.

„Independent de numeroasele raționamente greșite de detaliu, ea se întemeiază pe două presupuneri arbitrare: una, că emanația seminală este cea care organizează embrionul; cealaltă, că dorințe și eforturi pot zămisli organe. Un sistem care se sprijină pe asemenea baze poate să amuze imaginația unui poet; un metafizician este în măsură să desprindă din el o altă generație de sisteme; dar el nu poate rezista nici o clipă la examenul celui care a disecat o mînă, viscere, sau pur și simplu o pană" (G. Cuvier, *Éloge historique de Lamarck*).

Care va fi deci atitudinea lui Cuvier față de problema mutabilității speciilor? El a văzut foarte bine cu cîtă acuitate se punea chestiunea și a formulat-o în termeni deosebit de clari:

„De ce oare rasele actuale, mi se va spune, nu ar fi modificări ale acestor rase străvechi ce se găsesc printre fosile, modificări care ar fi fost produse de împrejurările locale și schimbarea de climă, ajungînd la această diferență extremă prin succesiunea îndelungată a anilor?" (*Discours sur les révolutions du globe...*, p. 58).

La aceasta s-ar putea răspunde — declară el, reluînd un argument folosit deja de Buffon — că dacă speciile s-au modificat în mod gradat, ar trebui să se găsească urme ale acestei modificări; între fauna de tipul paleoteriu și fauna de tipul mastodonților, între fauna de tipul mastodonților și fauna actuală, ar trebui să se găsească intermediari, „iar pînă în prezent aceasta nu s-a întîmplat". Și chiar dacă speciile vechi nu ar fi fost fixe, numeroasele revoluții al căror teatru a fost globul nostru nu le-ar fi lăsat timpul necesar să-și efectueze variațiile lor (*ibidem*, pp. 58—64).

Așadar, examinarea naturii din trecut ne arată constanța speciilor. Cercetarea naturii actuale ne-ar conduce la aceeași concluzie. Aceasta nu înseamnă totuși că viața nu a prezentat, de-a lungul erelor geologice, aspecte diferite și că faune variate nu s-ar fi succedat pe suprafața globului.

Timp îndelungat nu s-au admis decît două evenimente în istoria vieții: creația și potopul. Starea actuală a lumii ar rezulta din modificarea unei stări primitive de către potop.

[4] *Discours sur les révolutions du globe...*, p. 23. S-ar putea prezenta și se prezintă desigur într-o formă diferită sistemul lui Lamarck. Dar în studiul pe care-l facem aici, problema importantă nu este de a ști modul în care îl citim noi astăzi (lectură, de altfel, influențată de toată mișcarea de idei ce se intercalează între el și noi), ci modul cum îl citeau contemporanii săi, în special criticul său, Cuvier. Iată de ce am crezut că trebuie să reproducem textual rezumatul doctrinei înfățișate de Cuvier.

Această unitate a timpului creației pare să fi fost admisă de către Buffon[5] în teoria sa asupra Pămîntului: „...independent de mărturia cărților sfinte, susține el, nu avem oare motiv să credem că toate speciile de animale și de plante sînt aproape tot atît de vechi?" În opera sa ulterioară, el pare să-și fi schimbat această opinie: „Existența peștilor și a crustaceelor a precedat chiar cu foarte mult pe cea a animalelor terestre", scrie el în *Histoire des minéraux*. „Omul a fost creat ultimul", declară el în *Époques de la nature*.

În legătură cu această mare problemă gîndirea lui Cuvier rămîne obscură. El nu admite cîtuși de puțin, contrar celor ce se spune în general, creațiile succesive:

„În rest, atunci cînd susțin că bancurile pietroase conțin oase ale mai multor genuri, și stratele friabile, pe cele ale mai multor specii care nu mai există, nu pretind că era necesară o creație nouă pentru producerea speciilor existente astăzi; eu afirm numai că ele nu existau în acele locuri unde sînt văzute în prezent și că au trebuit să vină din altă parte" (*Discours sur les révolutions du globe...*, p. 64).

Succesiunea faunelor, pe care a pus-o atît de bine în evidență, ar fi limitată la anumite continente, care, în urma marilor revoluții ale globului, ar fi fost repopulate prin migrații plecînd de la o sursă comună, a cărei situare este necunoscută, unde ar fi coexistat speciile pe care le numim fosile și speciile încă în viață. Fauna actuală nu ar fi deci decît o rămășiță sărăcită a trecutului[6].

Cuvier pare să fi înțeles omul în unitatea creației:

„Totul ne determină să credem deci că specia umană nu exista de loc în ținuturile unde au fost descoperite oasele fosile, în epoca revoluțiilor care au îngropat aceste oseminte; dar nu vreau cîtuși de puțin să conchid că omul nu exista de loc înainte de această epocă. El putea să locuiască în unele ținuturi puțin întinse, de unde apoi a repopulat Pămîntul după aceste evenimente teribile; poate, de asemenea, că regiunile unde locuia el au fost complet distruse, iar osemintele sale îngropate în fundul mărilor actuale, cu excepția unui mic număr de indivizi care i-au continuat specia" (*Discours sur les révolutions du globe...*, p. 64).

În această privință, concepția științifică a lui Cuvier pare rămasă în urma celei a lui Buffon.

■

De pe timpul lui Cuvier, doctrina evoluționistă a venit să modifice profund punctele de vedere ale paleontologului asupra științei fosilelor. Trebuie, oare, pentru acest motiv, să-i considerăm opera ca fiind caducă?

[5] Guyenot consideră pe Buffon ca pe unul dintre fondatorii transformismului, despre care scrie: „Niciodată încă nu formulase cineva cu atîta claritate o concepție transformistă așa de completă, legînd toate animalele, și omul de asemenea la aceeași sușă, la un același organism primitiv din care toți ar fi ieșit pe cale de descendență" (EMILE GUYENOT, *Les Sciences de la vie aux XVII-e et XVIII-e Siècles — L'idée d'Évolution*, Albin Michel, Paris, 1941, pp. 394 și 397. — *C.M.*

[6] J. ROSTAND a dat o interpretare asemănătoare textului lui Cuvier, în *Esquisse d'une histoire de la biologie* (Paris, 1945, p.127).

Căutînd să stabilească un sistem natural şi să prezinte un tablou al relaţiilor logice dintre specii, Cuvier a obţinut rezultate care se inserează fără dificultate într-o perspectivă transformistă. Reacţionînd împotriva exagerărilor reprezentanţilor filozofiei naturii, precum şi a emulilor lor, el a adus în paleontologia ce se năştea ca ştiinţă o preocupare şi un simţ al preciziei care au făcut posibile dezvoltarea ei ulterioară. Revelînd lumile dispărute, a amplificat peste măsură domeniul vieţii. Metodele pe care le-a creat sînt, cel puţin în spiritul lor, cele pe care le folosim astăzi; şi, cu toate că a dedus din absenţa, cu totul provizorie, a formelor intermediare unele concluzii absolute, pe care viitorul nu a întîrziat să le infirme, el a deschis cercetării o cale deosebit de fecundă.

B. OPERA PALEONTOLOGICĂ A LUI GEOFFROY SAINT-HILAIRE

Opera descriptivă a lui Geoffroy Saint-Hillaire în domeniul paleontologiei vertebratelor este foarte redusă. El a studiat organizarea cîtorva crocodilieni din jurasicul Normandiei, a descris resturi de mamifere provenind din bazinele terţiare de la Auvergne, a făcut cunoscut rumegătorul *Şivatherium* găsit în terenurile de vîrstă pliocenă din Himalaya.

Cu toate acestea, numele său trebuie menţionat într-o istorie a paleontologiei, deoarece consideraţiile sale asupra formelor fosile au ocupat cu certitudine un loc important în punctele lui de vedere referitoare la mutabilitatea speciilor.

Încă la începutul carierei, această problemă s-a impus gîndirii sale, sau mai degrabă Cuvier şi cu el însuşi au prezentat-o astfel într-o lucrare comună: „Oare nu trebuie să vedem, scriau cei doi autori, în ceea ce numim specii, decît diversele generaţii ale unuia şi aceluiaşi tip?“ Se resimte încă aici influenţa lui Buffon, potrivit căruia pretinsul transformism corespundea unei variaţii care conduce nu la un progres, ci la o degenerare.

Geoffroy pare să fi pierdut din vedere o asemenea problemă în cercetările sale de anatomie filozofică, deoarece el nu interpretează niciodată unitatea planului ca rezultînd dintr-o descendenţă comună. Apoi, în primele sale cercetări asupra crocodilienilor fosili (1828), el se întreabă dacă speciile actuale nu provin din speciile dispărute.

„Dar, declară el imediat, ideea opusă îi apare mai firească; în caz contrar, cele şase zile ale creaţiei ar fi trebuit să fie repetate şi să apară astfel fiinţe noi produse printr-o nouă creaţie. O atare presupunere, în contradicţie cu cele mai vechi tradiţii istorice, este inadmisibilă“ (*Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle*, t. XII).

Un memoriu publicat în 1831, intitulat: *Le degré de l'influence du monde ambiant pour modifier les formes animales*, va marca o adevărată reînnoire a gîndirii lui Geoffroy. În încercarea sa de a întemeia o morfologie, el s-a consacrat exclusiv studierii asemănărilor, singura metodă pe care o considera cu

adevărat filozofică. Dar acum, crede el, acesta nu este de loc scopul final al științei organizării.

Un nou progres va fi înregistrat prin studierea deosebirilor, considerate nu ca un accident al organizării, un mijloc de a clasifica ființele și de a le distinge între ele, ci ca punctul de plecare al unui mod de a înțelege și defini raporturile lor. Există, dacă recurgem la un limbaj foarte apropiat de cel al lui Geoffroy, un prim principiu de cauzalitate, în virtutea căruia substanța organică se dispune totdeauna după un același plan; apoi un al doilea principiu de cauzalitate, potrivit căruia fiecare ființă se depărtează de planul original.

Tocmai în variațiile „mediului ambiant" se va găsi sensul acestei de-a doua cauzalități. Într-adevăr, mediul ambiant se modifică și tulbură astfel dezvoltarea normală a organismului.

Se cuvine să așezăm pe un loc de prim rang al „excitărilor vitale" fenomenul de respirație, deoarece prin respirație „sînt atinse condițiile variate ale organizării". Este o consecință riguros necesară, dacă se admite că scurgerea lentă și progresivă a secolelor a dat naștere, succesiv, la modificări de proporții ale diverselor elemente din atmosferă; organizarea le-a resimțit în mod proporțional.

Acțiunea lentă a timpului alterează profund și permanent forma corpurilor organizate.

Și astfel „Pămîntul a avut animale ale diferitelor sale vîrste, la început cele din prima epocă, pe care le numim antediluviene, apoi cele specifice perioadei terțiare și, succesiv, în sfîrșit, ființe ale zoologiei actuale".

Geoffroy crede că aceste modificări nu survin pe nesimțite:

„Evident că nu printr-o schimbare pe nesimțite tipurile inferioare de animale ovipare au dat naștere gradului superior de organizare, sau grupului păsărilor. A fost suficient un accident posibil și de mică importanță ca efect inițial, dar de o însemnătate incalculabilă în ceea ce privește urmările sale (accident survenit la una dintre reptile, pe care nici măcar nu voi încerca să-l caracterizez), pentru a dezvolta la nivelul tuturor componentelor organismului condițiile tipului ornitologic".

Geoffroy ar putea fi considerat, după cum crede R. Berthelot, inspiratorul transformismului experimental.

C. ÎNCEPUTURILE PALEONTOLOGIEI ÎN AMERICA

În momentul în care paleontologia vertebratelor se dezvolta în Franța sub impulsul lui Cuvier, ea lua naștere, de asemenea, în America de Nord, dar într-un mod timid, dacă se poate spune astfel, fără a lăsa să se întrevadă progresele sale ulterioare. Era vorba mai cu seamă de un efort de amatori, de o atracție spre ceea ce uimește, comparabilă cu tendința similară ce făcuse, anterior, atîta vîlvă în Europa.

Și totuși, în America de Nord există una dintre cele mai vechi mărturii asupra unei cercetări a vertebratelor fosile. Se pare că triburile indiene le-au folosit ca „leacuri", în același mod în care farmacopeea chineză utilizează „dinții de dragon". Și se poate crede că cele mai vechi resturi de vertebrate conservate, aflate în prezent într-un muzeu, sînt niște dinți găsiți între anii 700 și 900 și pe care paleontologul Cope i-a atribuit, în 1874, unui mamifer din era terțiară, *Phenacodus*.

La fel ca și în Europa, curiozitatea a fost trezită mai întîi prin descoperirea unor oseminte de talie mare, atribuite inițial unor uriași, iar apoi unui animal asemănător cu elefantul. Încă din 1762, Daubenton a comparat femurul mastodontului american cu cel al mamutului siberian și al elefantului actual, comparație pe care urma s-o reia Hunter, în 1768, în legătură cu mandibulele, demonstrînd că proboscidianul din America de Nord constituia o specie deosebită, probabil stinsă.

Două nume domină aceste începuturi ale paleontologiei vertebratelor în America de Nord: C. Wistar și Th. Jefferson.

Wistar (1761—1818) a fost profesor de anatomie umană la Universitatea din Pennsylvania; el este autorul primului tratat de anatomie publicat în America. A publicat, în 1799, în legătură cu *Megalonix*-ul descoperit în Virginia, un studiu, „un model de prudență, de descriere științifică precisă, de deducție" (Simpson). Neposedînd decît fragmente de membre, el a dedus totuși concluzii foarte exacte cu privire la modul de viață al animalului și a precizat afinitățile acestuia, arătînd că există o anumită analogie între piciorul de *Megalonix* și cel al păsărilor, pe care îl cunoștea numai după descrierea lui Daubenton.

Th. Jefferson (1743—1826), al treilea președinte al Statelor Unite ale Americii, este primul care a făcut cunoscut, în 1797, acest mamifer edentat cu gheare puternice, denumindu-l pentru acest motiv *Megalonix*. El aprecia că acesta trebuia să fie cel mai mare animal dotat cu gheare (a evaluat greutatea lui la 893 de livre) și a conchis că era poate inamicul mamutului (adică mastodontul sau animalul fosil din Ohio). Menționăm că la sfîrșitul secolului al XVIII-lea Peale a fundat Muzeul paleontologic din Philadelphia.

R. Harlan (1796—1843) a descris, nu fără unele erori, un număr de vertebrate fosile și s-a ocupat, așa cum Cuvier o făcea pe atunci în Europa, de determinarea ordinului și a succesiunii faunelor. Diverse alte nume sînt de reținut pentru această perioadă care precede marea dezvoltare a paleontologiei vertebratelor în America de Nord: Hitchcock (1793—1864), autor al unui studiu referitor la urmele vertebratelor fosile; Bedfield (1789—1857), căruia i se datorează cercetări asupra peștilor din triasic etc.

De asemenea, sînt de semnalat cîteva nume în America de Sud. Publicația lui Pedro Cieza de Leon, *La Cronical del Peru* (1553), poate fi considerată drept cel mai vechi text referitor la vertebratele fosile; autorul vorbește despre case de uriași. O asemenea idee se regăsește în numeroase relatări de la sfîrșitul secolului al XVI-lea și începutul secolului al XVII-lea, și anume credința în existența unei rase de uriași care ar fi populat cîndva America de Sud, dăinuind încă spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea. Această credință

nu a fost unanim împărtășită, așa cum arătau aceste rînduri ale lui Juan de Velasco, care se ridică în 1789 împotriva „credulilor, mai cu seamă a filozofilor, care nu au putut nega existența reală a cadavrelor de uriași americani, dar care, în ciuda evidenței, au vrut să-i boteze cu nume grandioase de Hipopotam, Elefant, Mamut" (citat după Hoffstteter, *Les Mammifères pleistocènes de la République de l'Équateur*, 1952).

D. PALEONTOLOGIA ÎN PERIOADA DINTRE CUVIER ȘI DARWIN

Între epoca în care descoperirile lui Cuvier înflăcărau atît de puternic spiritele și cea în care teoria evoluției urma să confere științei fosilelor un nou avînt se întinde o perioadă fără îndoială mai puțin strălucită, dar măreață totuși, cu progrese importante.

Pentru Franța, trebuie citat de la bun început H. Ducrotay de Blainville, care a fost mai cu seamă anatomist. A descris cîteva specii dispărute de mamifere. El a fost cel care i-a dat științei fosilelor numele de paleontologie.

Édouard Lartet (1801—1871)[7] a debutat în paleontologie prin cercetările sale de pe colina Sansan, deosebit de bogată în diferite fosile de mamifere. Studiile sale de pe Sansan, precum și cele asupra unor strate fosilifere situate la poalele Pirineilor (Saint-Gaudens) au evidențiat mai multe tipuri importante, printre care vom cita pliopitecul, prima maimuță fosilă descoperită și care amintește de actualul gibon; apoi driopitecul, maimuță mare antropomorfă care anunța gorila și cimpanzeul. În plus i se datorează lui Lartet importante lucrări asupra proboscidienilor fosili, asupra migrațiilor animalelor din cuaternar etc. Lartet a fost printre primii care s-a interesat de omul fosil. Lucrarea sa asupra așezării umane de la Aurignac a făcut din el o autoritate de prim plan în acest domeniu. A împărțit timpurile cuaternare în patru faze: epoca ursului mare, epoca mamutului, epoca renului, epoca bourului. În colaborare cu englezul Christy, a publicat o lucrare, rămasă neterminată, asupra timpurilor preistorice: *Reliquiæ aquitanicæ*. Se poate afirma că Lartet a completat paleontologia cu cercetarea originii omului.

Îl putem menționa, de asemenea, pe P. Gervais (1816—1879) care, în cele două mari lucrări ale sale: *Zoologie et paléontologie française* (ed. a II-a, 1859), și *Zoologie et paléontologie générales* (1867—1869), a făcut cunoscute, prin descrieri clare și concise, un mare număr de vertebrate.

În Anglia, R. Owen, al cărui rol preponderent în dezvoltarea anatomiei comparate l-am subliniat, a fost de asemenea un mare paleontolog. Lui i se datorează cîteva studii asupra peștilor din era primară și asupra grupului de amfibii, stegocefalii. Dar renumele său de paleontolog a devenit consacrat ca urmare a importantelor sale lucrări asupra reptilelor, începute în 1839 și continuate timp de o jumătate de secol. El a arătat că reptilele marine din era secundară, grupate de Conybeare sub denumirea de *enaliosauria*, consti-

[7] Lui Lartet i s-a dedicat genul de moluște *Lartetia*. — *C.M.*

tuiau două ordine particulare: *Ichtiopterigia* și *Sauropterigia*. A dat o descriere a chelonienilor din jurasicul superior din Anglia; a elaborat mai multe memorii asupra crocodilienilor fosili din Anglia, asupra dinozaurienilor și pterozaurienilor. A fost, mai cu seamă, unul dintre primii care au făcut cunoscute reptilele „teromorfe" din Africa australă, arătînd strînsa lor asemănare cu mamiferele. A consacrat de asemenea lucrări importante mamiferelor europene din era secundară și faunei recent dispărute din Australia (păsări și mamifere).

În Germania, Kaup a explorat zăcămîntul de la Eppelsheim, de unde a rezultat uriașul *Dinotherium*, în timp ce H. von Meyer a publicat importante cercetări asupra reptilelor, semnalînd, în 1861, una dintre cele mai senzaționale fosile pe care le-a relevat paleontologia: *Arheopterix*-ul din jurasicul superior din Bavaria, și care reprezintă o formă de tranziție între reptile și păsări.

În America de Nord, Leidy, excelent anatomist, făcea cunoscute numeroase forme noi de mamifere terțiare și punea în evidență legăturile ce unesc fauna din Europa cu cea din America. L. Agassiz (1807—1873), de origine elvețian, dar stabilit în Statele Unite, publica o lucrare fundamentală asupra peștilor fosili (*Recherches sur les poissons fossiles*, 5 vol. in-4° cu atlas, 1833—1843), în care erau descrise și prezentate în figuri aproape toate exemplarele importante cunoscute pe atunci. Într-o altă lucrare: *Recherches sur les poissons des vieux grès rouges*, el apărea oarecum ca un precursor al remarcabilei dezvoltări a studiilor asupra vertebratelor inferioare, care caracterizează paleontologia modernă.

În America de Sud, faptul esențial de semnalat este începerea marilor săpături sistematice. Weddell întreprinde, în 1845, importante cercetări în Bolivia, scoțînd la lumină numeroase oseminte de mamifere pleistocene, dintre care unele sînt și acum păstrate la Muzeul de istorie naturală din Paris.

E. PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR DUPĂ DARWIN

Cu toate că Darwin s-a ocupat foarte puțin, în *Originea speciilor*, de animalele fosile, el a avut în scurt timp poate cea mai vie influență asupra paleontologilor. Albert Gaudry și-a împărtășit astfel impresiile resimțite la lectura acestei lucrări:

„Am citit cartea asupra originii speciilor cu o profundă admirație; dacă mi-ar fi permis să folosesc o asemenea expresie, aș spune că am degustat-o încet, așa cum se bea cu înghițituri mici o licoare delicioasă; am găsit în ea o mulțime de observații și gînduri care corespund întru totul celor pe care le-am putut întrevedea în ceea ce privește înlănțuirea ființelor în erele trecute".

Începînd din acest moment, teoria evoluției își va pune amprenta pe toate lucrările de paleontologie.

ÎN FRANȚA: OPERA LUI ALBERT GAUDRY. Se afirmă deseori că opera lui Cuvier — prin caracterul ei exclusiv pozitivist, legată de fapte, neîncrezătoare față de generalități — a împiedicat dezvoltarea științei paleontologice. La drept vorbind, o asemenea afirmație nu a fost niciodată făcută de către un paleontolog, și vom vedea că paleontologia evolutivă s-a dezvoltat în Franța tocmai urmînd calea deschisă de Cuvier.

După cum s-a arătat, Cuvier a respins ipoteza transformării speciilor, deoarece natura fosilă nu i-a relevat tipuri intermediare. După moartea sa, dezvoltarea cercetărilor paleontologice ducînd la amplificarea acelor momente cînd unele forme ne apar ca fiind venite pe Pămînt, problema evoluției se va repune.

Astfel, Albert Gaudry[8] (1827—1908) se întreabă dacă speciile ce s-au succedat au fost obiectul unei creații independente, sau dacă ele au descins unele din altele prin transformări lente. Partizanii ipotezei imuabilității speciilor, declară el, trebuie să admită, pentru a explica apariția formelor noi, organizarea într-un mod mai mult sau mai puțin spontan a substanțelor inerte, sau faptul că unii germeni, rămași în stare latentă încă de la originea lucrurilor, au prins viață. Partizanii ipotezei filiației speciilor raționează după cum urmează: nu înțelegem aceste mamifere care apar în stare adultă cu pielea lor păroasă, cu ochii lor, cu urechile lor, gata să se miște și să se hrănească; le înțelegem și mai puțin ca fiind ieșite dintr-un germene și trecînd printr-o perioadă embrionară în afara uterului. Totdeauna trebuie preferate explicațiile cele mai simple, și, ca atare, ipoteza transformărilor este cea mai acceptabilă.

Un argument concret venea să susțină acest mod de a vedea: cercetările paleontologice înmulțeau ori păreau să înmulțească aceste forme intermediare a căror existență Cuvier nu a putut-o constata; era înlăturată astfel obiecția majoră la ipoteza filiației. Golurile din seriile animale se completau treptat, așa încît paleontologii din a doua jumătate a secolului trecut au fost nevoiți să admită teoria filiației speciilor ca singura explicație rațională a asemănărilor dintre ființele aparținînd naturii trecute și ființele din natura actuală.

Acestea sînt punctele de vedere pe care le dezvoltă Gaudry în marea sa lucrare *Animaux fossiles de l'Attique* (1862), pe care le reia în *Enchaînements du monde animal* (3 vol., 1878—1890), în *Essai de paléontologie philosophique* (1896), și care inspiră toate cercetările sale.

Dar toate aceste lucrări sînt dominate de preocuparea căutării formelor intermediare și stabilirea legăturilor de filiație. Oricît de paradoxal ar putea părea, paleontologii evoluționiști, cu toate că au preluat de la Darwin ideea evoluției, urmează calea trasată de Cuvier. Ea rămîne impregnată încă cu o noțiune moștenită din secolul al XVIII-lea, cea de scară a ființelor. Dacă paleontologul nu mai poate acționa sigur pentru a dispune toate tipurile însuflețite pe o aceeași linie, plecînd de la formele inferioare ale regnului vegetal și ridicîndu-se pînă la om, ideea continuității îi frămîntă totuși mai departe spiritul; iar caracterul istoric al vieții, care, după cum se pare, ar fi putut fi ușor desprins din opera lui Cuvier, nu este cîtuși de puțin limpede perceput.

[8]Ch. Darwin l-a considerat pe Gaudry evoluționist. — *C.M.*

Influenţa lui Geoffroy Saint-Hilaire rămîne de asemenea evidentă. Ca şi la acesta, găsim la Gaudry ceea ce am putea numi obsesia unităţii: „Căutarea unităţii, scrie el, nu oboseşte niciodată, ea răspunde unei înclinaţii irezistibile a sufletului". Gaudry distinge, astfel, două faze în istoria paleontologiei: prima este caracterizată prin cercetarea deosebirilor, deoarece a trebuit la început să se arate că fiinţele fosile nu sînt identice cu cele vii şi că în fiecare epocă geologică ele au prezentat un aspect particular. Dar „există în natură ceva mai măreţ decît varietatea aparentă a formelor, este unitatea care le leagă"; cercetarea asemănărilor trebuie să fie în final obiectul ştiinţei.

Într-o asemenea concepţie, evoluţia nu produce de loc caractere profund originale, şi dacă Gaudry admite că ea poate fi creatoare de noutăţi, o spune în termeni care arată că el nu le considera cîtuşi de puţin ca fiind foarte importante.

„Este evident că au trebuit să se dezvolte, din timp în timp, unele caractere noi, în caz contrar nu s-ar explica cum s-au schimbat formele, în loc să se mişte mereu în acelaşi cerc. Ceea ce vreau să spun este că, deseori, diferenţele dintre speciile unor epoci consecutive sînt atît de mici, iar asemănările atît de mari, încît, pentru a stabili limitele lor, trebuie să fie luate în considerare detalii minime".

ÎN ELVEŢIA: OPERA LUI RÜTIMEYER. În momentul cînd Gaudry îşi începea în Franţa memorabilele sale lucrări, paleontologul elveţian L. Rütimeyer (1825—1895) aborda paleontologia vertebratelor într-o manieră deosebit de originală, inaugurînd strălucita tradiţie care este continuată în zilele noastre la Muzeul de istorie naturală din Basel.

Remarcabila sa odontografie (*Beiträge zur Kenntniss der fossilen Pferde und zu einer vergleichenden Odontographie der Hufthiere im Allgemeinen*, în „Verh. natur. Ges. Basel", 1863) a fost punctul de plecare al cercetărilor asupra dentiţiei, avînd importanţă capitală în domeniul paleontologiei mamiferelor; în acelaşi timp, ea a reprezentat o încercare de a elabora un studiu asupra filogeniei cailor. Rütimeyer a fost unul dintre primii care au abordat — plecînd de la fosile — problemele de biogeografie. El a emis ipoteza celor două centre de dispersie pentru fauna mamiferelor: un centru arctic şi un centru antarctic; şi a propus unele paralelisme între faunele din eocenul mijlociu de Egerkingen şi cele din Munţii Stîncoşi. Deşi încercarea sa a fost considerată ca inexactă, ea a contribuit totuşi la angajarea paleontologilor în compararea faunelor din diverse continente.

O parte foarte originală a operei lui Rütimeyer este studiul său asupra mamiferelor din palafite, deci de vîrstă neolitică; cu acest prilej, el a abordat problema domesticirii animalelor (*Die fauna der Pfahlbauten in Schweiz*, 1860). Se poate afirma că toţi autorii care au urmat această linie de cercetare s-au inspirat din studiul menţionat.

ÎN GERMANIA: TRATATUL LUI K. VON ZITTEL. Progresele neîncetate ale paleontologiei în cursul celei de-a doua jumătăţi a secolului al XIX-lea făceau necesară o punere la punct a cunoştinţelor dobîndite. Sarcină deosebit de dificilă pe care şi-a asumat-o Karl von Zittel (1839—1904), profesor la Universi-

tatea din München, publicînd, între 1876 și 1893, lucrarea *Handbuch der Paläontologie* care reactualiza și completa pe cea a lui Pictet. O asemenea carte nu este cîtuși de puțin o lucrare de compilație, ci o revizie critică, întemeiată pe o cunoaștere directă a familiilor și a genurilor. Opera aceasta a avut un puternic răsunet și a servit drept model pentru toate lucrările ulterioare. Cele două volume consacrate vertebratelor sînt deosebit de remarcabile. Credem că cel mai oportun este să prezentăm aici aprecierea competentă a lui Ch. Depéret, care scria:

„Nu numai toate genurile fosile descrise pînă atunci de paleontologii din toate țările au făcut obiectul unei delimitări noi și al unui diagnostic nou; dar fiecare grup mare este studiat în raporturile sale de organizare anatomică și zoologică cu formele reprezentative ale lumii actuale, într-un mod care permite să i se confere fiecărui tip fosil locul rațional ce i se cuvine în cadrul unei clasificări generale a seriei de ființe..."

La sfîrșitul fiecărui studiu dedicat unui grup, Zittel prezintă istoria grupului, originea sa în timp, evoluția de-a lungul erelor geologice, raporturile sale genetice cu încrengăturile vecine.

Lucrarea este străbătută de idei evoluționiste și, pentru Zittel, paleontologia are drept scop, într-adevăr, reconstituirea istoriei vieții.

Zittel ia poziție, de altfel, față de unele generalizări pripite și respinge utilizarea metodei ontogenice pentru construirea arborilor genealogici. Dacă embriologia ar fi fost, într-adevăr, în măsură să ne prezinte precursorii fosili ai fiecărui grup, resturile lor ar trebui să fie găsite în stratele geologice. Or, lucrurile nu stau așa. Într-un mod mai general, se poate afirma — declară Zittel — caracterul precar al genealogiilor stabilite; și el lansează un apel la prudență, ridicîndu-se împotriva cutezanțelor anumitor paleontologi din acea vreme:

„Teoria descendenței, scrie el, a introdus idei noi în istoria naturală descriptivă și i-a rezervat un scop mai nobil. Dar nu trebuie să uităm că ca nu este încă decît o teorie, care se cere a fi dovedită. Am încercat să arăt ce dovezi interesante i-au fost aduse de către cercetările paleontologice; dar, totodată, nu am dreptul să ascund marile lacune ale demonstrațiilor noastre. Știința aspiră, înainte de toate, la adevăr. Cu cît vom fi mai convinși de fragilitatea bazei cunoștințelor noastre teoretice, cu atît va trebui să tindem a le consolida prin fapte și observații noi" (*Phylogenie, Ontogenie, Systematik*, citat după *Ch. Depéret*).

ÎN ANGLIA: TH. HUXLEY. Thomas Huxley a fost unul dintre cei mai străluciți propagatori ai ideilor lui Darwin[9]. S-a relatat de nenumărate ori controversa lui cu arhiepiscopul de Canterbury; de asemenea, el l-a combătut deseori pe colegul său mai vîrstnic, Owen, adversar declarat al teoriei evoluției.

Huxley nu a fost un paleontolog propriu-zis, dar concepțiile sale biologice au avut o influență considerabilă asupra dezvoltării paleontologiei. El a aplicat legea evoluției la clasificarea vertebratelor; a arătat diferența ce există

[9] A se vedea C. MOTAȘ, *Ch. Darwin*, Editura Științifică, București, 1972.

între tipurile primitive persistente și tipurile specializate; a încercat, plecînd de la vertebrate, să facă unele reconstituiri paleogeografice.

Cu toate că nu ne ocupăm aici de istoria paleontologiei umane, nu putem trece sub tăcere celebra sa carte: *Man's Place in Nature*, 1863 (trad. fr., *La place de l'homme dans la nature*, 1868), unde sînt precizate în perspectiva darvinistă, pentru prima dată, raporturile omului cu celelalte primate[10].

SPANIA, PORTUGALIA, ITALIA. În 1789, a fost montat la Madrid, de Jean-Baptiste Bru, prosector al cabinetului regal, primul schelet de mamifer fosil, și anume un schelet de *Megaterium*. Paleontologia vertebratelor nu s-a dezvoltat decît încet în Spania, în cursul secolului al XIX-lea. Cu toate acestea, în ultimii ani ai secolului apar cîteva nume mari: Almera, Vidal, a căror operă aparține, de altfel, mai curînd perioadei contemporane și anunță renașterea actuală a paleontologiei spaniole. Portugalia, mai puțin favorizată în zăcăminte fosile, se va integra totuși, după cum vom vedea, în mare mișcare a paleontologiei contemporane.

Italia este bogată în zăcăminte fosile datînd de la sfîrșitul erei terțiare și posedă ansamblurile cele mai bogate ale acestei faune de mamifere de vîrstă villafranchiană, care a constituit probabil anturajul biologic al primilor oameni. Cercetările au fost făcute inițial de paleontologi străini. Dar în secolul al XX-lea, savanții italieni și-au adus, la rîndul lor, o importantă contribuție la studierea istoriei mamiferelor.

ÎN RUSIA: V.O. KOVALEVSKI. Opera paleontologică a lui V.O. Kovalevski 1842—1883) este cuprinsă într-un număr mic de lucrări, ceea ce se explică prin viața lui prea scurtă; dar ea prezintă o profundă originalitate și constituie una dintre cele mai importante contribuții din a doua jumătate a secolului al XIX-lea la știința ființelor dispărute.

Ea constă în esență din patru memorii, dintre care cel mai important se intitulează: *Versuch einen Natürlichen Classification der Fossilen Hufthiere* (1873). Plecînd de la structuri pentru a regăsi funcții, scheletul fosil nu mai apare ca ceva împietrit, ci devine o ființă vie, în acțiune. Fiecare fațetă articulară are un sens, fiecare tubercul dentar își are semnificația sa. I se deschide astfel paleontologiei o cale nouă. Este vorba, într-adevăr, de o *paleobiologie* — pentru a folosi cuvîntul creat, în 1862, de către d'Archiac.

V.O. Kovalevski arată că neadaptarea membrelor rezultă de pe urma unei îmbinări defectuoase a oaselor membrelor anterioare; neadaptarea dinților este cauzată de persistența coroanelor dentare scurte (brahiodontie). Picioarele deficiente din punct de vedere mecanic n-au putut căpăta acea alungire care duce la tipul alergător, în timp ce dinții scurți nu au putut să se adapteze la modificările vegetației marcate prin substituirea plantelor consistente și moi din eocen cu pajiștile din oligocen și din miocen.

[10] A se vedea C. MOTAȘ, *op. cit.*

PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR ÎN AMERICA DE NORD. În prima perioadă de dezvoltare a paleontologiei evoluționiste, două nume domină în America de Nord: cele ale lui O. Marsh (1831—1899) și E.D. Cope (1840—1897).

Spre mijlocul secolului al XIX-lea, construcția marilor căi ferate transcontinentale a făcut posibilă explorarea unor teritorii imense ale Far-West-ului american, rămase pînă la acea epocă aproape inaccesibile. Cu acest prilej, în cursul unor săpături dificile, în ținuturi neospitaliere, au fost scoase la lumină fosile de cel mai mare interes. Acțiunea a fost condusă, sub impulsul dat de Marsh și Cope, cu o ardoare și cu un entuziasm care i-au ridicat deseori unul împotriva celuilalt. Rezultatul acestor cercetări îndîrjite a fost descoperirea unei lumi de ființe extraordinare, amintind uneori tipurile cunoscute deja în Europa, alteori — cel mai adesea — înfățișînd forme cu totul noi: amfibieni stegocefali și reptile pelicozauriene din era primară; dinozaurieni gigantici din era secundară; reptile zburătoare; păsări stranii de la sfîrșitul cretacicului; mamifere cu caractere bizare din jurasic și din cretacic; mamifere de la începutul erei terțiare, marcînd primele stadii ale înfloritoarei dezvoltări pe care a cunoscut-o această clasă de vertebrate.

S-a subliniat deseori opoziția dintre cei doi mari paleontologi americani:

„Spiritul lui Marsh, scria Marcellin Boule, era poate mai puțin spontan, mai puțin sintetic decît cel al lui Cope, dar el se arăta mai chibzuit, înclinat spre o cercetare mai metodică și mai susținută. Marsh dădea lucrărilor sale o formă mai îngrijită, mai definitivă. Preferințele sale se îndreptau spre monografii impunătoare. Cope desfășura o activitate oarecum febrilă, în direcții mai numeroase; el aborda multiple subiecte și le trata în nenumărate publicații, într-un mod mai provizoriu, dar ele purtau toate pecetea unei mari originalități".

Din opera lui Marsh vom reține, în primul rînd, cercetările sale asupra mamiferelor din era secundară, publicate într-o serie de note apărute, în majoritate, începînd din 1878 și pînă în 1892, în „American Journal of Science", sub titlul general de *Mesozoic Mammalia*. Nu este vorba, de altfel, decît despre niște note preliminare care descriu succint principalele tipuri ale unei bogate colecții conservate actualmente, în marea lor majoritate, la Peabody Museum al Universității Yale. Sub titlul *Odontornithes. A Monograph of the extinct toothed Birds of North America* (1890), el a consacrat o voluminoasă lucrare celor două păsări de la sfîrșitul cretacicului, descoperite în Kansas. Marsh a încercat să stabilească la aceste forme prezența unor dinți bine dezvoltați — dovadă a unei origini reptiliene. La una dintre ele, *Ichtyornis*, contrar aserțiunilor lui Marsh, s-a demonstrat recent că dinții lipseau. Un alt memoriu, nu mai puțin important, consacrat unor mamifere foarte specializate din grupul *Dinocerata* (1884), deschidea căi noi științei fosilelor. Este, într-adevăr, prima încercare de a edifica o paleoneurologie.

Înainte de Marsh, se încercase deja să se studieze encefalul formelor dispărute, examinîndu-se desenul mulajului endocranian, natural sau artificial. Chiar în opera lui Cuvier se găseşte o încercare de acest gen:

„O întîmplare fericită, declara el în *Recherches sur les ossements fossiles...*, mi-a dat o idee asupra formei creierului de *Anoplotherium...*; emisferele sale nu prezentau de loc circumvoluţii, dar se vedea cîte o adîncitură longitudinală, nu prea accentuată, pe fiecare dintre ele. Toate legile de analogie ne autorizează să conchidem că animalul nostru era în mare măsură lipsit de inteligenţă".

Mult mai tîrziu, P. Gervais avea să prezinte numeroase reconstituiri de mulaje endocraniene ale mamiferelor stinse, aparţinînd unor grupuri diverse (carnivore, marsupiale etc.). Dar cercetările sale nu au depăşit de loc stadiul descriptiv, de aceea Marsh este cel care trebuie considerat ca adevăratul fondator al paleoneurologiei, ştiinţă care studiază istoria creierului de-a lungul timpurilor geologice. El a avut convingerea că poate formula, pe baza cîtorva principii, legile care guvernează o asemenea evoluţie. Dacă cercetările recente au infirmat majoritatea concluziilor sale, îi rămîne totuşi meritul de precursor.

Opera lui Cope contrastează cu cea a lui Marsh. Spirit eminamente filozofic, el este primul paleontolog care nu numai că a căutat în ştiinţa fosilelor o ilustrare a teoriei evoluţiei, dar a şi încercat să explice teoretic transformările fiinţelor vii. Principiile sale de filozofie transformistă pot fi găsite, disparate, în mai multe memorii: *A Review of the modern Doctrine of Evolution* (1880); *On the Evolution of Vertebrata, progressive and retrogressive* (1885); *Primary Factors of organic Evolution* (1896); *Origin of the Fittest* (1897) etc.

Cope poate fi considerat ca unul dintre şefii a ceea ce s-a numit *şcoala neolamarckistă*, care atribuie modificările de structură influenţei voinţei conştiente sau inconştiente, într-un cuvînt deprinderilor. El a încercat să desprindă legile evoluţiei paleontologice, enunţîndu-le în cîteva formule inedite. Admiţînd că selecţia poate juca un rol eliminator, Cope nu-l recunoaşte totuşi pe acela de factor evolutiv: supravieţuirea celui mai apt nu este şi originea celui mai apt.

Principiul paralelismului dintre ontogenie şi filogenie îi apare, cu toate excepţiile pe care le prezintă, ca avînd o mare importanţă. Istoria paleontologică a camelidelor, de exemplu, arată o strînsă concordanţă între transformările care s-au produs de-a lungul erelor geologice şi cele care se manifestă în cursul dezvoltării embrionare. Urmărindu-se succesiunea genurilor, din miocenul inferior şi pînă în epoca actuală, se observă o fuziune gradată a oaselor metacarpiene, care ajung pînă la constituirea unui os unic, osul canon, şi la reducerea, ca dimensiune şi ca număr, a incisivilor şi a premolarilor. Dacă se examinează acum istoria lor embriologică, se constată că, în stare fetală, în loc de un singur os canon, există mai multe oase, ca la camelidele din miocenul inferior, şi că incisivii sînt în acelaşi număr ca şi la camelidele din miocenul superior. În prezent, cămilele foarte tinere au un premolar suplimentar, cum au camelidele de la sfîrşitul miocenului; acest dinte dispare, sau nu persistă la animalele adulte decît la un număr extrem de mic de indivizi. Există

deci în acest caz (și în multe altele, de altfel) un paralelism între ontogenie și filogenie.

Dar o aplicare prea exclusivistă a acestei legi ar conduce la erori grave. Într-adevăr, nu trebuie să se uite: „caracterele tranzitorii pe care le posedă embrionul nu sînt decît o amintire parțială a tipurilor de structură parcurse de strămoși de-a lungul erelor geologice". În plus, caracterele sale nu sînt deseori decît niște adaptări în raport cu modul de viață. Există motive pentru care filogenia nu poate fi stabilită decît cu ajutorul documentelor paleontologice.

Ramurile care ating o specializare prea mare sînt destinate pieirii atunci cînd mediul se modifică. Cope dă numeroase exemple, din diferite clase de vertebrate, care ilustrează acest adevăr. Doar *nespecializarea* — pentru a prelua formularea lui Kovalevski — este adaptativă.

Cope a contribuit totodată la punerea în evidență a unui fapt care pare destul de general: toate grupele de mamifere încep prin tipuri de dimensiuni mici.

Dacă se încearcă să se distingă sensul evoluției generale a vertebratelor, se constată că există două feluri de evoluție: una progresivă, alta regresivă; una care acționează prin adăugirea, și alta prin reducerea de organe. Considerată în liniile sale mari, evoluția vertebratelor este net progresivă. De la ciclostomi la mamifere, inima prezintă o compartimentare din ce în ce mai complexă; sistemul nervos demonstrează un progres foarte net; osificarea scheletului se accentuează de la vertebratele cele mai inferioare pînă la mamifere; articularea maxilarului cu craniul cîștigă în eficacitate, prin reducerea numărului de elemente ale arcului mandibular etc.

Acestea sînt cîteva dintre punctele de vedere ale lui Cope asupra modalităților de evoluție paleontologică. În afară de aceste concepții teoretice, pe care progresul cunoștințelor le-a modificat mult, opera sa cuprinde o considerabilă contribuție în ceea ce privește datele noi. Cercetările sale se referă la aproape toate grupele de vertebrate și în special la mamifere. Cope rămîne unul dintre marile nume ale istoriei paleontologiei.

PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR ÎN AMERICA DE SUD. Pe calea nouă deschisă de Darwin, s-ar putea cita, în ceea ce privește studiile de paleontologie efectuate în America de Sud, chiar Darwin însuși, care aprecia că anumite specii din cavernele braziliene ar fi putut da naștere speciilor actuale. Acest studiu este însă o contribuție destul de neînsemnată.

În jurul anilor 1880 va începe, pentru paleontologia sud-americană, o perioadă fecundă, prin lucrările fraților Carlos și Florentino Ameghino. Carlos va întreprinde, începînd din 1887, o serie de expediții în Patagonia, descoperind un număr de fosile și aducînd despre regiunile explorate informații precise, a căror obiectivitate a fost recunoscută de toți observatorii care i-au urmat. Fratele său, Florentino, studia fosilele culese și a evidențiat astfel o natură stranie, un ansamblu de forme fără echivalent pe alte continente. După cum spunea A. Gaudry, bun prieten al fraților Ameghino, evoluția pare să fi avut

un mers particular pe continentul sud-american. Opera lui F. Ameghino[11] este considerabilă; ea a putut fi completată, rectificată, dar rămîne monumentul fundamental pentru un studiu al mamiferelor terțiare din America de Sud.

Aproximativ în același timp, un alt paleontolog, Roth, de origine elvețiană. dar naturalizat în Argentina, aduna importante colecții, dintre care unele specimene le completează pe cele descoperite de Ameghino.

■

Perioada pe care am studiat-o (1860—1890) este marcată mai cu seamă prin influența gîndirii transformiste. Dar paleontologii (cu excepția lui Cope) nu participă în nici un fel la elaborarea teoriilor explicative. Ei caută intermediarii care să acopere lacunele dintre genuri, familii etc. Evoluționismul lor este esențialmente un evoluționism al continuității, care amintește întrucîtva de concepțiile adepților filozofiei naturii. Ei nu au descoperit încă semnificația, importanța timpului.

[11] A se vedea C. MOTAȘ, *Alte noi și interesante rezultate ale Companiei științifice Cl. Delamare Deboutteville (Paris) și E.H. Rapaport (Caracas) în America Australă* (Muzeul de Științele Naturii — Bacău), „Studii și comunicări", 1969). — *C.M.*

CAPITOLUL III
Problemele reproducerii animalelor

A. DIVERSELE MODURI DE REPRODUCERE

Animalele se înmulțesc prin reproducere sexuată și reproducere asexuată; acest din urmă mod este foarte răspîndit la organismele inferioare (protozoare) și la anumite grupe de metazoare. Este complet absent la artropode, moluște, vertebrate.

La protozoare sexualitatea a fost timp îndelungat puțin cunoscută; Schaudinn și Siedlecki (1890), reconstituind pentru prima dată ciclul coccidiilor de genul *Eimeria*, au pus în evidență sexualitatea la sporozoare.

Procesul de conjugare a infuzorilor a constituit obiectul lucrărilor lui Bütschli, Maupas (1888—1889) și R. Hertwig. Conjugarea reprezintă oare o necesitate mai mult sau mai puțin periodică? Înmulțirea asexuată este posibilă la infinit? Aceste întrebări vor căpăta răspuns în cursul secolului al XX-lea.

La metazoare, separarea sexelor este frecventă, mai cu seamă, la animalele superioare (artropode, vertebrate). Animale hermafrodite se observă uneori la grupe întregi (moluște opistobranhiate și pulmonate, platelminți).

CARACTERE SEXUALE SECUNDARE. Unele caractere sexuale secundare permit identificarea sexelor. Începînd din secolul al XIX-lea, se încearcă precizarea determinismului acestor caractere; unele experiențe arată cum sînt ele afectate prin castrare.

În vederea obținerii claponilor, castrarea, ușor de efectuat, a cocoșilor este practicată de secole în gospodării. Berthold (1849) constată că grefele accidentale sau voite de fragmente de testicule la clapon sînt suficiente pentru a menține integre caracterele de mascul. La femele, castrarea produce modificări ale penajului, care începe să semene cu cel de cocoș. Acest fenomen era cunoscut de mult timp. I. Geoffroy Saint-Hilaire (1830) observase, în crescătoriile de fazani, că femelele bătrîne de fazan căpătau treptat penajul de mascul, iar pintenii lor se dezvoltau. A. Brandt (1889) constată fapte identice la păsările sălbatice, în special la cocoșul de munte. Aceste transformări naturale, cărora Brandt le-a dat denumirea de *arhenoidie*, au loc atunci cînd inhibiția chalonică[1] încetează sub influența vîrstei ori a unor condiții patologice.

[1] De la grec. *chalinos* = depresiv, inhibitor, încetinitor. A se vedea și I.F.HENDERSON și W. D. HENDERSON, *A Dictionary of Biological Terms*, ed. a VIII-a, 1963, p. 93. — *C.M.*

Studiul experimental al diferențierii caracterelor sexuale secundare la amfibieni a fost inaugurat în 1894 de Steinach și continuat de numeroși cercetători în cursul secolului al XX-lea; Steinach grefează testiculele unui mascul castrat de broască; la epoca corespunzătoare, pe degetele mari de la picioarele anterioare apar niște proeminențe glandulare. Rezultatul permite să se înțeleagă mecanismul hormonal al acestei diferențieri.

La insecte, experiențele cele mai vechi care au încercat să precizeze determinismul caracterelor sexuale sînt cele ale lui Oudemans (1889) asupra larvelor de fluture.

INTERSEXUALITATEA. Cel mai adesea, sexul este determinat la fecundare; totuși, cazurile de intersexualitate nu sînt rare. Unele au fost studiate în secolul al XIX-lea. La un echiurid, *Bonellia*, determinarea sexului depinde de împrejurările dezvoltării. Studiul anatomic al acestui vierme a fost întreprins de H. de Lacaze-Duthiers (1858), care nu a reușit totuși să identifice masculii pitici ce trăiesc în oviductul femelei sau pe suprafața corpului acesteia; el îi considera drept niște paraziți. A. Kovalevski (1868) a recunoscut în acești pretinși paraziți masculii de *Bonellia*. Dezvoltarea viermelui, larva sa, metamorfoza acesteia în mascul sau femelă au fost cercetate de Spengel (1879). Dar particularitățile sexualității la această specie nu vor fi elucidate decît în secolul al XX-lea.

Castrarea parazitară a fost pusă în evidență de A. Giard (1888). Parazitul crabului, *Sacculina*, împiedică elaborarea produselor sexuale; gonadele sînt atrofiate; în plus, la mascul, caracterele sexuale secundare sînt deviate în sensul caracterelor sexului femel. În 1837, Rathke nota că *palemonii* parazitați de *bopirieni* erau femele; în realitate, era vorba de faptul că masculii parazitați prezentau caracterele sexuale secundare modificate în sensul celor de femelă.

GINANDROMORFISM. Un individ ginandromorf se prezintă ca un mozaic de părți, unele diferențiate în sens masculin, altele în sens feminin. Principalele exemple de ginandromorfism se observă la artropode și la vertebrate. Primul caz cunoscut a fost semnalat de Nicholls (1730) la un homar. Siebold (1854) descrie numeroase cazuri de ginandromorfism la albinele unui apicultor din Constanța (Elveția); materialul, inclus în colecțiile Institutului de zoologie din München, îi va servi ulterior lui Boveri pentru a da o explicație citologică a ginandromorfismului[2].

Hoek (1893) semnalează un calcan (*Raja clavata*) ginandromorf avînd la stînga un pterigod mascul și un testicul în afară de ovare.

[2] Cercetătorul francez Pézard a publicat, din 1911 pînă în 1926, 22 de lucrări asupra problemei determinismului caracterelor sexuale secundare la galinacee. Pézard și Caridroit, 4 lucrări; Pézard, Sand și Caridroit, 36 de lucrări.

În 1926, Pézard, Sand și Caridroit au publicat interesanta lucrare de sinteză *Les hormones sexuelles et le gynandromorphisme chez les gallinacés*, Étude de Biologie experimentale, în „Arch. de Biologie", T. XXXVI, Liège, 1926, pp. 541—647, 14 planșe și 51 fig. în text. — *C.M.*

La păsări sînt semnalate mai multe cazuri. Max Weber (1890) descrie un cintezoi (*Fringilla coelebs*) al cărui penaj este de mascul în dreapta și de femelă în stînga (el avea un testicul în dreapta și un ovar în stînga). Cabanis (1874) menționează alte cazuri analoge, în timp ce Th. Lorenz (1894) observă un cocoș de munte ginandromorf. Aceste cazuri sînt sporadice și disparate; în secolul al XX-lea, ginandromorfismul va fi însă supus în mod sistematic cercetării.

PARTENOGENEZA. Reproducerea prin intermediul unui ovul nefecundat, denumită partenogeneză de către Richard Owen (1849), este un fel de deformare a reproducerii sexuate.

Partenogeneza naturală, sau „fecunditate fără fecundare", a fost pusă în evidență în secolul al XVIII-lea (cf. t. II, p. 611). De-a lungul primei jumătăți a secolului al XIX-lea ea va fi interpretată în mod diferit: o fecundare continuă (ipoteza lui Trembley), un hermafroditism sau un fel de înmugurire internă. Această din urmă concepție, mai tenace, se va regăsi la Siebold. Va trebui să se aștepte lucrările lui Claus (1864) pentru a se înțelege reproducerea virginală, în care un ovul este capabil să se dezvolte fără concursul spermatozoidului.

Menținerea diploidiei în oul partenogenetic (prezența de $2N$ cromozomi) ridică o problemă; ea poate apărea fie prin emiterea unui singur globul polar fără meioză, fie prin emiterea unui al doilea globul polar, care fuzionează cu pronucleul femel. Primul caz a fost observat la femelele partenogenetice: de Weismann (1866), la crustaceele cladocere, de Blochmann (1887) la păduchii de frunză; același fapt a fost semnalat la rotifere de Billet, începînd din 1883.

La anumite insecte, partenogeneza nu se produce decît în stadiul larvar. Această partenogeneză la o vîrstă precoce, descoperită în 1861 de N. Wagner, a primit denumirea de *pedogeneză*; exemplele clasice sînt cele ale anumitor diptere, cecidomiidele, studiate de Ganin (1865) și Mecinikov (1865).

Partenogeneza naturală este de o mare importanță. Oare este posibil să se provoace, prin mijloace artificiale, dezvoltarea unui ou care, în mod normal, nu s-ar fi dezvoltat fără fecundare? Primele încercări de producere a partenogenezei artificiale datează din secolul al XIX-lea, dar abia în secolul al XX-lea experiențele au fost reluate.

Boursier (1847), Tihomirov (1885) pretind, primul că o femelă virgină de fluture de mătase a depus ouă fecundate după ce a stat la soare, iar al doilea că tratarea rapidă a ouălor virgine ale aceleiași insecte cu acid sulfuric concentrat provoacă un început de dezvoltare. Ouă virgine de arici-de-mare introduse în substanțe chimice variate (cloroform, esență de cuișoare, creuzot etc.) formează o membrană analogă celei de fecundare (O. și R. Hertwig, 1896). T.H. Morgan (1896) constată că un început de segmentare se manifestă atunci cînd oul virgin de arici-de-mare a fost tratat cu apă de mare avînd un procent sporit de clorură de sodiu, iar apoi reintrodus în apa de mare obișnuită. La fel, ouăle de amfibieni și de pești introduse într-un ser antidifteric (Kulaghin, 1858) sau într-o soluție foarte slabă de sublimat (Dewitz, 1899) prezintă un început de segmentare.

În sfîrșit, în 1899, biologul american J. Loeb a reușit să determine nașterea unor larve introducînd ouă virgine de arici-de-mare, timp de o oră și jumătate, în apă de mare cu o concentrație mărită de clorură de magneziu. Descoperirea lui Loeb a produs o mare senzație și a suscitat contestații vii; autenticitatea „indivizilor chimici" nu a fost unanim admisă.

„Dacă ouăle folosite în experiență provencau într-adevăr de la o femelă nepartenogetică, „avortonii" obținuți de Loeb, pentru a utiliza un limbaj vulgar, s-ar trage din doamna Arici de Mare și domnul Clorură de Magneziu" (C. Viguier, 1901).

În secolul al XX-lea avea să se producă o mare dezvoltare a studiului partenogenezei experimentale, nu numai la nevertebratele marine, ci și la amfibieni și mamifere.

Oul poate să se dezvolte uneori doar din nucleul spermatic; este *androgeneza* sau *partenogeneza masculină*. Primele încercări de androgeneză hibridă i se datorează lui T. Boveri (1889), care a încercat să fecundeze fragmente de ouă de *Sphaerechinus* cu spermă de *Echinus*; cele două specii de echinoderme diferă prin forma larvelor lor. Rezultatele obținute au fost foarte dubioase; experiențe analoge au fost întreprinse ulterior în secolul al XX-lea.

ALTERNANȚA GENERAȚIILOR SEXUATE ȘI A GENERAȚIILOR ASEXUATE. Adalbert von Chamisso (1819) descoperă că salpele (din grupa tunicierilor) au o reproducere alternantă: forma solitară sau oozoidul generează niște blastozoizi adunați în lanțuri plutitoare, sexuate și vivipare.

Danezul J. Steenstrup descrie, în *On the Alternance of Generations* (1842—1845) reproducerea alternantă de la celenterate, trematode, tunicieri. Aceeași alternanță se observă la foraminifere (Munier-Chalmas).

REPRODUCEREA ASEXUATĂ. Destul de multe nevertebrate pot să se înmulțească pe cale asexuată, plecînd de la fragmente de indivizi sau părți ale lor mai mult ori mai puțin diferențiate. La unele dintre ele, cu reproducere alternantă, reproducerea sexuată se manifestă în mod temporar. La formele coloniale, un singur ou dă un număr de indivizi, fie asemănători între ei, fie diferiți unii de alții (celenterate, viermi lați, anelide, tunicieri...). Încă din secolul al XVIII-lea, Trembley a demonstrat acest fenomen la hidra de apă dulce, iar Bonnet la viermi. Exemplele s-au înmulțit de-a lungul secolului al XIX-lea.

Printr-un asemenea proces se realizează regenerarea sau reconstituirea întîmplătoare a organismului întreg după ablația unei regiuni mai mult sau mai puțin importante a corpului. Aceste fenomene au format obiectul a numeroase cercetări.

POLIEMBRIONIE. Anumite nevertebrate prezintă în mod natural un proces aberant de reproducere, poliembrionia: fiecare ou se divide în cursul dezvoltării, în doi sau mai mulți embrioni. Acest proces, observat la rîmă de către Kleinenberg (1879), a fost descoperit de P. Marchal (1897) la un himenopter calcidid, *Encyrtus fuscicollis*, care depune un ou partenogenetic în ouăle fluture-

lui *Hyponomeuta malinella*. Fapte similare vor fi semnalate în secolul al XX-lea la unele mamifere.

Astfel, ca și în cazul altor discipline biologice, contribuția secolului al XIX-lea la cunoașterea fenomenelor reproducerii este considerabilă.

B. DEZVOLTAREA EMBRIOLOGIEI

De-a lungul secolului al XIX-lea, embriologia va înregistra, de asemenea, progrese remarcabile, legate de cele ale altor discipline, în special ale citologiei. La început descriptivă, embriologia aduce precizări asupra naturii gameților, asupra structurii oului fecundat și asupra diverselor faze ale dezvoltării sale; ea analizează succesiunea de fenomene care, începînd de la celula primordială, ajunge la realizarea unui individ conform cu tipul speciei. Apoi, în scurt timp, embriologia descriptivă se completează cu embriologia comparată. Diverse lucrări importante pun în evidență o dezvoltare embrionară omologă a tuturor vertebratelor, precum și unele asemănări în această privință dintre vertebrate și nevertebrate.

Dar, pentru a cunoaște mecanismele, era necesar să se recurgă la metoda experimentală care, de la Spallanzani încoace, nu a mai fost aplicată; în felul acesta se va naște embriologia cauzală sau experimentală, al cărui avînt va începe la sfîrșitul secolului.

1. Embriologia descriptivă și embriologia comparată

Orice individ provine din dezvoltarea unei celule-ou; această celulă are o constituție specială; ea rezultă din fuziunea a două elemente celulare, *gameții*; unul, de origine paternă, *spermatozoidul*, se formează în testicul masculului; altul, de origine maternă, *ovulul*, se dezvoltă în ovarul femelei. Cunoașterea condițiilor particulare ale genezei gameților, studierea fuziunii lor și a formării oului ce rezultă de pe urma acesteia au constituit cîteva dintre achizițiile majore ale biologiei în secolul al XIX-lea.

GAMEȚII. Fiecare gamet este rezultatul unei linii de celule germinative care se succed în ovar și în testicul — linii ce constituie spermatogeneza și ovogeneza. Fiecare dintre aceste linii celulare se termină printr-o dublă diviziune de un tip special, prin care numărul de cromozomi este redus la jumătate, de la 2 N la N (această structură specială a nucleelor gameților se numește *haploidă)*; este ceea ce s-a numit *meioză* (gr. *meiosis*, împărțire). În oul rezultat din fuziunea celor doi gameți și a nucleelor lor, numărul cromozomilor se dublează, $N + N = 2N$; aceasta este structura nucleelor țesuturilor paterne și materne, de-a lungul generațiilor succesive. În felul acesta, după fecundare, structura diploidă cu 2 N cromozomi este restabilită.

Epoca cea mare a embriologiei începe cu Karl Ernst von Baer (1792—1876), ale cărui prime lucrări de embriologie datează din 1819. El descoperă la o căţea ovulul de mamifere (*De ovi mammalium et hominis genesi*, 1827). Ovarul de mamifere prezintă în mod periodic protuberanţe sferice care se crapă şi se resorb. R. de Graaf a crezut, în 1672, că era vorba de oul însuşi. Aceste formaţii, numite foliculi Graaf, au fost observate de Haller la oaie (1753), de Cruikshank la iepure (1797), de Prévost şi Dumas la cîine şi la iepure (1824). Aceşti foliculi sînt, în realitate, nişte excrescenţe periodice ale ovarului, în interiorul cărora se găseşte ovulul ce se eliberează prin dehiscenţa foliculului, aşa după cum a stabilit-o Baer. Ovulul eliberat pătrunde în căile genitale ale femelei (oviducte), unde este fecundat de un spermatozoid; embrionul tînăr se fixează apoi pe peretele intern al uterului unde se va dezvolta.

Sînt analizate rolul şi natura spermatozoidului. Reluînd lucrările lui Spallanzani, Prévost şi Dumas (1824) realizează fecundarea oului de broască; ei constată că lichidul seminal al masculului filtrat îşi pierde puterea de fecundaţie, iar reziduul păstrează această putere. Se precizează adevărata natură a spermatozoizilor; ei nu sînt nici infuzori, nici paraziţi. Peletier şi Dujardin (1827) arată că spermatozoizii sînt un produs organic provenit din tuburile seminale care formează testiculele. R. Wagner (1827) prezintă descrieri valoroase ale spermei diferitelor metazoare. În sfîrşit, monografiile datorate lui Kölliker (1841), Wagner şi Leuckart (1849) vor stabili originea testiculară a spermei şi rolul esenţial al spermatozoizilor. Teoria celulară fiind formulată, gameţii vor fi corect interpretaţi ca nişte celule.

Analiza şi înţelegerea fecundaţiei marchează o nouă etapă; O. Hertwig (1875), Selenka (1879) observă pătrunderea spermatozoidului în ovul la ariciul-de-mare, iar H. Fol (1876), la steaua-de-mare. Haploidia gameţilor, consecinţă a meiozei, şi fuziunea gameţilor în momentul fecundării sînt consemnate de Flemming (1882).

OUL ŞI DEZVOLTAREA LUI. Oul fecundat este punctul de plecare al ontogenezei.

Fecundării îi succede clivajul oului sau *segmentarea;* oul se divide în 2, 4, 8, 16, 32, 64... celule-fiice ori *blastomere* care nu suferă modificări spaţiale. Segmentarea dă naştere la *morulă*. Diviziunile celulare continuă, constituindu-se astfel *blastula;* ea cuprinde o cavitate de segmentare sau *blastocel*. Atunci începe *gastrularea* care comportă unele modificări spaţiale, în special imigrarea în profunzime a anumitor grupe de celule situate pînă atunci la suprafaţă; *gastrula* — în formă de cupă cu două straturi, ectodermul şi endodermul, care înconjură blastocelul — a luat astfel naştere. Alte modificări se manifestă în continuare; se conturează al treilea strat, mezodermul; se realizează prefigurarea formelor embrionare; fiecare dintre ele îşi va căpăta determinarea. Structurării generale a blastulei îi urmează o dezvoltare cuprinzînd un mozaic de teritorii autonome.

Segmentarea oului este studiată la diverse grupe de animale: broască (Prévost şi Dumas, 1824); triton (Rusconi, 1836); viermi laţi (Siebold, 1837); hidrari (Loven, 1837); stele-de-mare şi nudibranhiate (Sars, 1837); mamifere (Bischoff, 1838); peşti (Vogt, 1842); păsări (Bergmann, 1847). Coste (1850) confirmă generalitatea fenomenului de segmentare la ou.

Noțiunea de foițe germinative, prevăzută deja de Wolff, rezultă din lucrările lui H.C. Pander asupra caracatiței și mai cu seamă din cele ale lui Von Baer. Pander (1817—1818) creează termenul de blastoderm. M.H. Rathke (1829) confirmă teoria foițelor germinative la oul de rac. Remak (1845) le dă celor trei foițe denumirile lor moderne: ecto-, mezo-, endoderm. T.H. Huxley (1849) arată faptul că celenteratele nu posedă decît două foițe embrionare, ecto- și endodermul; ele rămîn deci la stadiul de gastrulă. Haeckel propune temerara sa teorie a *gastreei*, gastrula fiind considerată ipoteticul strămoș al tuturor metazoarelor. E.R. Lankester (1873) propune termenii de holoblastic, diploblastic și triploblastic, utilizați încă și astăzi. W. His (1847) susține că, la un anumit stadiu al dezvoltării, structurile embrionare evoluează într-un mod autonom; principiul mozaicului a fost astfel introdus.

Din 1828 și pînă în 1837, Von Baer publică o foarte importantă lucrare, în cîteva tomuri, *Über Entwicklungsgeschichte der Thiere*, primul tratat complet referitor la dezvoltarea puiului de găină; el arată în special asemănarea primelor stadii la embrionii vertebratelor, ținînd cont de lucrările anterioare ale lui Rathke (1825) care descoperise fantele și arcurile branhiale într-un anumit stadiu al dezvoltării embrionilor de păsări și mamifere, aceștia prezentînd în stadiul respectiv de dezvoltare o asemănare cu embrionii de pește. Von Baer rezumă faptele într-o serie de legi care stabilesc următoarele:

a) În cursul dezvoltării embrionare, caracterele generale apar înaintea celor particulare; în cursul ontogenezei sale, un cîine este un vertebrat înainte de a fi un mamifer și un mamifer înainte de a fi un carnivor.

b) Structurile mai puțin generale derivă din cele mai generale, a căror apariție este anterioară apariției primelor.

c) Embrionul unui animal păstrează totdeauna deosebiri față de embrionii altor forme.

d) Embrionul unui animal de pe o treaptă superioară a seriei animale nu se aseamănă niciodată cu adultul unei specii inferioare, ci numai cu embrionul acesteia. Fantele branhiale ale unui embrion de amniote nu se aseamănă de loc cu cele ale unui pește adult, ci cu acelea ale unui embrion de pește.

E. van Beneden (1885) descrie la nematodul *Ascaris megalocephala* fenomenele de maturare a oului, iar pe același material O. Hertwig analizează etapele gametogenezei.

Eminenți embriologi au studiat ontogeneza în diverse grupe: A. Kovalevski, E. Mecinikov, E.R. Lankester, F.M. Balfour, E. Korschelt și K. Heider; ultimii trei au fost autorii unor tratate clasice de embriologie.

LEGEA BIOGENETICĂ FUNDAMENTALĂ A LUI HAECKEL. Fritz Müller (1864) a emis ideea că fazele succesive ale dezvoltării unui organism sînt o amintire a stărilor succesive atinse de grup în cursul evoluției. O mențiune similară fusese prezentată deja de germanul J. Meckel (1815) și francezul A. Serres (1842). Inspirîndu-se din observațiile acestor predecesori și mai cu seamă din legile formulate de Von Baer, Haeckel (1866) a exprimat aceleași fenomene printr-o frază lapidară care s-a bucurat de un mare succes: *Ontogeneza este o scurtă recapitulare a filogenezei*; cu alte cuvinte, dezvoltarea individuală

rezumă dezvoltarea liniei. Haeckel a numit această propoziţie „lege biogenetică fundamentală".

Această lege a suscitat un viu entuziasm; ea oferea o explicaţie pentru organele tranzitorii ale embrionilor.

De exemplu, fetuşii balenelor prezintă nişte structuri dentare incipiente care nu străbat gingia şi dispar fără a fi jucat vreun rol; ele amintesc de strămoşii balenei, la aceasta însă dinţii fiind înlocuiţi cu fanoane cornoase.

Formula lui Haeckel este, de altfel, inexactă ca formă; legea poate fi aplicată la organe, dar nu şi la organismul întreg. Embrionul uman are fante branhiale, un notocord, o inimă... care amintesc de organele analoge ale unui embrion de peşte; dar în nici un moment al dezvoltării sale, embrionul uman nu prezintă organizarea unui peşte adult. Fiecare organ posedă o ontogeneză particulară. Este verosimil faptul că strămoşii mamiferelor au avut fante branhiale, un notocord, o inimă...

Haeckel a intuit într-adevăr diferenţele dintre ontogeneză şi filogeneză; el a făcut o deosebire între caracterele *palingenetice*, caractere ancestrale, şi cele *cenogenetice*, caractere secundare ce se adaugă celor dintîi. Fantele branhiale, coarda dorsală sînt caractere palingenetice, în timp ce placenta este un caracter cenogenetic. Dezvoltarea se complică prin adăugarea unor noi caractere celor ancestrale.

Von Baer nu a acceptat niciodată legea lui Haeckel; el o considera ca o interpretare evoluţionistă a legilor pe care le-a formulat începînd din 1828. Este interesant de menţionat faptul că, astăzi, legile lui Von Baer, reactualizate de embriologii englezi, sînt preferate legii lui Haeckel, fiind considerate mai exacte.

2. Embriologia cauzală sau experimentală

Descriptivă la începuturile sale, embriologia urma să devină experimentală la sfîrşitul secolului. Două nume ilustrează această orientare nouă, cel al francezului Laurent Chabry (1855—1894) şi cel al germanului Wilhelm Roux (1850—1924).

L. Chabry studiază dezvoltarea ascidiilor (1887). El observă o serie de anomalii şi în special formarea unor semiembrioni; înţelege că aceştia se formează atunci cînd una dintre cele două celule iniţiale (blastomere) provenite din ou nu se dezvoltă. Pentru a-şi verifica interpretarea, încearcă să reproducă anomalia distrugînd cu un ac de sticlă una dintre cele două blastomere; experienţa a reuşit şi el a obţinut un semiembrion. Distrugerea uneia sau celeilalte dintre primele blastomere duce la dezvoltarea unor larve imperfecte. L. Chabry a fost primul care a practicat „chirurgia oului", dar viaţa sa scurtă şi caracterul său instabil l-au împiedicat să profite de pe urma tehnicii pe care a elaborat-o.

Aproximativ în aceeaşi epocă, W. Roux întemeiază, printr-o serie de experienţe magistrale pe oul de broască, embriologia experimentală sau mecanica

dezvoltării. În *Über die künstliche Hervorbringung halber Embryonen durch Zerstörung einer der beiden ersten Furchungszellen* (1888), el încearcă să explice rolul constituției interne a oului și al intervențiilor externe pe ou, asupra dezvoltării precoce a embrionului. Distrugînd una dintre blastomere în stadiul 2, el obține un semiembrion tipic; în acest stadiu, diferențierea embrionului este determinată. O. Hertwig descoperă în oul de arici-de-mare un material mai bun, sărac în vitelus. Blastomerele în stadiul 2, 4, 8, 16 și 32, separate unele de celelalte prin agitare, sînt capabile să dea o larvă completă.

În 1891, H. Driesch, promotorul vitalismului modern, prezenta demonstrația experimentală a fenomenului de regularizare la oul de arici-de-mare. La ouăle anumitor grupe, primele blastomere izolate sînt capabile să se dezvolte în embrioni complețI, dar de dimensiuni mai mici; în timp ce la ouăle altor grupe, blastomerele izolate nu dau decît un fragment de embrion. În ouăle de arici-de-mare, regularizarea se manifestă și fiecare blastomer conține tot ce este potențial necesar, pentru dezvoltarea completă a unui embrion. La ouăle de moluște, dezvoltarea ulterioară este determinată de foarte timpuriu prin locul pe care-l ocupă blastomerul; regularizarea este absentă.

După descoperirea lui Driesch, regularizarea, plecînd de la primele două blastomere, a fost observată sau realizată de Wilson (1893) la amfiox, Endres (1895), Herlitzka (1896—1897) la triton, O. Schultze (1894) și T.H. Morgan (1895) la broască.

Nici compoziția chimică a mediului în care se dezvoltă oul nu este un factor indiferent. Herbst (1892) descoperă că, prin adăugarea clorurii de litiu în apa de mare, gastrulația oului de arici-de-mare este perturbată; sarea de litiu exercită o acțiune vegetalizantă.

Dezvoltarea multor ouă haploide după o stimulare mecanică sau chimică arată că fecundarea și activarea sînt două procese diferite.

Embriologia experimentală, creată în secolul al XIX-lea, va lua o dezvoltare considerabilă în secolul al XX-lea; ea reprezintă o disciplină foarte importantă a biologiei moderne. Impulsul pe care i l-a dat W. Roux a fost de o însemnătate capitală nu numai în Germania, ci și în toate laboratoarele din lume; el a fundat un periodic, „Roux'Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen", destinat a publica datele referitoare la mecanica dezvoltării, și care continuă să apară și astăzi.

3. Teratologie

Originea monștrilor nu fusese elucidată în secolul al XVIII-lea (cf.t. II, p. 618); discuția începută continuă în secolul următor.

Meckel a reluat (1812—1816) teoria monstruozității virtuale emisă de Wolff. Partizan al intervenției unor cauze accidentale, Étienne Geoffroy Saint-Hilaire a combătut-o violent; el s-a hotărît să demonstreze în mod experimental propria sa teorie, încercînd să obțină monștri plecînd de la ouă de găină supuse unor condiții anormale. Experiențele, realizate începînd din 1820 și pînă în 1826 la Auteuil, au dus la nașterea unor pui monstruoși. Acest re-

zultat părea să infirme teoria monstruozității originare. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire, fiul lui Étienne, unul dintre fondatorii teratologiei științifice, a publicat o monumentală *Histoire générale et particulière des anomalies de l'organisation chez l'homme et les animaux ou traité de tératologie* (3 vol., 1832—1836). El scria (1847):

„Se ajunge astfel, pe toate căile, la aceeași concluzie generală: originea anomaliilor este accidentală și nu primitivă. Ipoteza germenilor predispuși la monstruozitate este deci definitiv condamnată, și dacă ea trebuie totuși să existe în continuare în știință, atunci aceasta numai din punct de vedere istoric..."

În 1877, Dareste confirmă și continuă opera lui Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Se impune din ce în ce mai mult ipoteza cu privire la responsabilitatea factorilor externi în geneza monștrilor.

„Lémery este cel care are dreptate, declară Dareste; el a întrevăzut adevărul, dar nu a făcut decît să-l întrevadă, limitat cum era de doctrina preexistenței germenilor. Putem afirma astăzi că monstruozitatea rezultă totdeauna din acțiunea unor cauze accidentale, cauze care nu modifică de loc forma desăvîrșit organizată, dar o modifică atunci cînd este în curs de desăvîrșire imprimînd fenomenelor evoluției o direcție diferită".

Rezultatele teratologiei experimentale par a confirma rolul factorilor externi în nașterea monștrilor. Monstruozitatea originară nu mai avea mulți apărători. În 1887, L. Chabry scria:

„Nu voi mai insista asupra acestor fapte (pe care le considera ca fiind în sprijinul concepției asupra monstruozității de origine) dacă, de cînd teratologii au găsit mijlocul de a produce monștri cu orice fel de ouă, prin urmare folosind ouă normale (ceea ce fac eu însumi cu ascidiile), anumite persoane par a avea o oarecare repulsie, pe care nimic nu o justifică, față de vechea idee a monstruozității germenilor... În primul rînd, într-un mare număr de cazuri, monstruozitatea este ereditară; dar chiar cînd ea apare în mod sporadic, observațiile arată că părinții, deși au aparent o structură normală, sînt în realitate niște adevărați monstripari, capabili să producă mai mulți monștri asemănători... Nu cunosc experiențe inițiate în scopul de a se produce monștri acționînd asupra părinților, dar aceasta este calea de urmat pentru a imita natura".

Dar progresele biologiei urmau să demonstreze că diverșii factori externi nu erau în stare să provoace apariția tuturor monstruozităților. Într-adevăr, așa după cum avea s-o arate genetica, multe monstruozități se dezvoltă ca urmare a mutației unei gene cromozomice. Așa este cazul numeroaselor anomalii ale scheletului, în special al ectrodactiliei[3] și polidactiliei[4], care au fost menționate în secolul al XVIII-lea, în cadrul polemicii dintre Winslow și Lémery. Contribuția geneticii a provocat, la începutul secolului, un reviriment al ideilor referitoare la originea monștrilor. În prezent se știe că există mon-

[3] De la grec. *ek*=în afară, și *dactylos*=deget; degete întoarse în afară.—*C.M.*
[4] *Poly* = numeros (degete supranumerare). — *C.M.*

struozități înnăscute sau genice și monstruozități dobîndite ori somatice; primele sînt ereditare, celelalte nu.

Cine avea dreptate în disputa asupra monștrilor dintre Lémery și Winslow? O parte de adevăr se găsea în fiecare dintre tezele puse în opoziție; dar concepția lui Winslow, care accepta în același timp monstruozitatea originară și intervenția factorilor externi, se apropie poate mai mult de ideile moderne.

TERATOLOGIE ȘI EREDITATE. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire a fost intens preocupat de faptul dacă diversele anomalii sînt ereditare ori nu. El reexaminează cu mult spirit critic observațiile anterioare; le adaugă constatări judicioase și uneori rezultate ale experiențelor personale efectuate asupra mamiferelor. Apreciază că anomaliile individuale pot sta la originea unei rase sau unei varietăți noi și chiar specii:

„Teratologia aduce lumină nu numai asupra originii varietăților regionale și a raselor domestice, care nu sînt la urma urmelor decît devieri de la tipul specific, transmise într-un mod mai regulat decît altele pe calea generației și devenite astfel comune unui număr mai mare de indivizi. Însăși explicarea deosebirilor cu adevărat normale ale ființelor, dar mai cu seamă a deosebirilor lor specifice, nu rămîne întru totul în afara învățămintelor fecunde ale studiului anomaliilor".

Isidore Geoffroy Saint-Hilaire concepe nașterea speciei prin variații individuale bruște și întîmplătoare, adică prin mutații. El ne apare deci ca unul dintre precursorii geneticii moderne și ca un premutaționist.

CAPITOLUL IV

Sexualitate și reproducere la plante

G.B. AMICI ȘI FECUNDAREA PLANTELOR CU FLORI. A fost necesar nu mai puțin de un secol de cercetări, de la renumitele experiențe ale lui Camerarius (1694), pentru a se extinde noțiunea de sexualitate la regnul vegetal — și nu este vorba decît despre una dintre cele mai mici părți ale regnului, plantele cu flori — și a se demonstra necesitatea fecundării, în reproducerea prin semințe.

Dar în ce constă fenomenul? Semnele exterioare cele mai esențiale nici nu sînt măcar cunoscute. Se vorbește despre un anumit contact dintre lichidul seminal al masculului și ovul; licoarea polenului s-ar răspîndi pe stigmat. Potrivit unora, această licoare ar include germenii; potrivit altora, neeliberați de aristotelism, ea nu ar fi decît principiul de mișcare și de viață, germenul fiind preformat în femelă; alții (Koelreuter și Buffon, în secolul al XVIII-lea) consideră, ținînd cont de experiențele de hibridare, că germenii ar rezulta dintr-un amestec al principiilor mascule și femele.

„În ceea ce privește modul de acțiune, care constituie esența fenomenului, scrie Mirbel în 1815, el scapă cu totul simțurilor și inteligenței noastre".

Ignoranța care domnea în acele timpuri rezultă din memoriul lui Dutrochet asupra generației sexuate a plantelor, publicat în 1820; el nu marchează nici un progres în raport cu cunoștințele din secolul precedent. Este însă epoca în care microscopul a fost considerabil îmbunătățit de către Amici. Cu ajutorul acestui instrument, marele savant va face primele descoperiri hotărîtoare. La drept vorbind, au existat, cu trei sferturi de secol mai înainte (Needham, B.de Jussieu), observații asupra anumitor aspecte funcționale ale polenului: crăparea lui în apă, urmată de eliberarea unei substanțe granuloase, emiterea unui fel de prelungire sau apendice tubular, dar toate acestea rămîneau fără vreo semnificație precisă. În 1750, abatele Needham crezuse că vede în substanța granuloasă a polenului „animalele microscopice spermatice" descoperite de Leeuwenhoeck la animale (1677). Naturaliștii din prima jumătate a secolului al XIX-lea erau încă convinși că trebuiau să regăsească fenomene identice, pînă la amănunt, cu cele care au fost descrise la animale.

Lucrările lui Amici (1823—1830) și cele ale lui Brongniart (1827) stabilesc, contrar tuturor așteptărilor, că procesul fecundării începe prin „germinarea"

polenului pe stigmat: are loc emiterea unui apendice şi creşterea acestuia în interiorul ţesuturilor stigmatului şi stilului, pînă la ovul. Acest ansamblu de lucrări a avut imediat un ecou dintre cele mai profunde în lumea ştiinţifică. El a suscitat controverse aprige la care au luat parte savanţii cei mai eminenţi, în special R. Brown (1831) şi Schleiden (1837). Lucrurile au fost puse la punct prin noi lucrări ale lui Amici (1824, 1846).

Jumătatea secolului se încheie cu publicaţiile lui C.F. Gaertner (1844), care a realizat 9000 de hibridări în decursul a 25 de ani de cercetări, şi ale lui Hofmeister (1849), care confirmă integral concluziile lui Amici. Se va şti, începînd de atunci, că există o celulă-ou în sacul embrionar (termen datorat lui Brongniart) şi că aceasta nu se dezvoltă în embrion decît cu cooperarea polenului; în ceea ce priveşte însuşi actul fecundării, începînd cu momentul cînd tubul polinic este în contact cu ovulul, nici un element nu este cunoscut. Se crede încă într-un fluid care s-ar infiltra prin membrane, pentru a pătrunde în interiorul „vezicii embrionare".

Lui Amici nu i se pare imposibil ca „materia susceptibilă a se organiza" să fie constituită dintr-un „amestec din două fluide de organe mascule şi femele": concepţie veche de un secol!

SEXUALITATEA LA CRIPTOGAME. Paralel cu cercetările întreprinse asupra fecundării la plantele cu flori, se desfăşoară o activitate susţinută pentru a elucida enigma unei probleme mult mai generale, cea a reproducerii la criptogame: muşchi, ferigi, alge, ciuperci. Între anii 1820 şi 1850, descoperiri importante şi numeroase vor conduce, pe de o parte, la generalizarea teoriei reproducerii sexuate şi, pe de alta, la enunţarea legii lui Hofmeister asupra alternanţei generaţiilor.

Începînd din 1782, Hedwig observase elementele sexuale mascule (anteridii) şi femele (arhegoane) la muşchi; el a arătat că sporii germinează. Mai tîrziu, Schmidel, Nees von Esenbeck (1822), Bischoff (1828) semnalează „infuzorii", mici particule ce se găsesc în interiorul anteridiilor. Naturalistului german Unger (1834, 1837) i se datorează descrierea ca atare a spermatozoizilor vegetali la un muşchi de turbă, apoi la alţi muşchi şi la *Marchantia* (gălbează). Concomitent, englezul C. Varley făcea aceeaşi descoperire. În privinţa cunoştinţelor referitoare la organele femele, ele au fost dobîndite prin lucrările lui W. Valentine (1833) şi Hofmeister (1849).

Din lista lungă de autori ale căror lucrări preced marea sinteză a lui Hofmeister, trebuie citaţi — şi aşezaţi la loc de frunte — Naegeli (1844) care descrie anteridiile şi spermatozoizii ferigilor, Leszczyc-Suminski (1848), care recunoaşte exact natura organelor femele ale ferigilor, G. Thuret, care descoperă spermatozoizii de *Chara* (1840) şi de *Equisetum* (1849), Thuret şi Decaisne (1844), care dezvăluie prezenţa spermatozoizilor la algele marine de genul *Fucus*.

HOFMEISTER ŞI ALTERNANŢA GENERAŢIILOR. Hofmeister nu se limitează să facă remarcabile studii de detaliu; el cuprinde toate faptele cunoscute începînd de la Hedwig şi pune în lumină raporturi profunde. Demonstrează similitudinea structurală şi funcţională a anteridiilor şi cea a arhegoanelor

la muşchi şi la ferigi. Hofmeister reliefează identitatea esenţială a dezvoltării embrionului la ambele grupe. De aici înainte, noţiunea de alternanţă a generaţiilor se va impune concepţiei sale.

În fiecare ciclu de reproducere există două discontinuităţi, două faze: de la sporul de origine asexuată la ou, şi de la oul fecundat la spor; prima generaţie producînd organele sexuale (anteridii şi arhegoane), iar a doua, un mare număr de spori sau celule reproducătoare.

Fiind în posesia anumitor puncte de reper sigure, Hofmeister a putut stabili omologia completă a ciclurilor la ciuperci şi la ferigi: muşchiului — plantă cu multe frunze — îi corespunde protalul de la ferigi, lamă verde minusculă, ignorată de ochiul neavizat; fructul muşchiului este echivalent cu frunzele şi sporangele ferigii. Ştiinţa evidenţiază aici identităţi profunde, sub aspecte cu totul originale, fie că este vorba de formă, fie de durată.

Hofmeister îşi continuă cu perseverenţă efortul său de generalizare: demonstrează că muşchiul-plantă frunzoasă, protalul criptogamelor şi endospermul coniferelor sînt faze omologe. El consideră că coniferele şi cicadeele (care au arhegoane şi protaluri) se situează în calitate de verigi intermediare între characee, muscinee şi criptogame vasculare, pe de o parte, şi angiosperme, pe de alta[1].

După lucrările lui Hofmeister, trebuie să citäm, printre faptele cele mai remarcabile, descoperirea cazurilor de sexualitate degradată: „apogamia" la ferigi (Farlow, 1874) şi „aposporia" la muşchi (Pringsheim, 1877); şi într-un caz şi în celălalt, ciclurile sînt profund perturbate.

THURET, PRINGSHEIM ŞI DESCOPERIREA FECUNDAŢIEI. Ce este fecundaţia? În 1845, Pringsheim se întreabă cum intervin organele mascule şi femele „materialmente în actul fecundării". În mod paradoxal, observaţiile decisive în această privinţă au fost făcute la alge, plante inferioare a căror sexualitate fusese recent pusă în evidenţă (Thuret şi Decaisne, 1844). În 1853, algologul francez Thuret demonstrează necesitatea acţiunii spermatozoizilor în fecundarea la *Fucus* (iarba-de-mare) şi reuşeşte să obţină, în anumite cazuri, zigoţi hibrizi a căror dezvoltare o urmăreşte. Totuşi, după cum recunoaşte el însuşi, nimic nu-l autorizează să creadă că spermatozoizii pătrund în spor, „aşa cum unii observatori susţin că ar fi văzut spermatozoizii intrînd în oul de animal".

Confirmarea atît de mult căutată va fi făcută în anul următor, de Pringsheim. El reuşeşte să observe în întregime desfăşurarea procesului sexuat la algele de apă dulce din genurile *Oedogonium* şi *Vaucheria*. Pringsheim distinge fazele esenţiale: pătrunderea spermatozoidului, formarea consecutivă a unei membrane care împiedică accesul oricărui alt spermatozoid în oul fecundat. Observaţiile lui Pringsheim au fost completate de F. Cohn. În 1866, Bornet şi Thuret au descris fecundarea foarte specială a algelor roşii.

[1] Fapt care avea să fie confirmat în mod spectacular de descoperirea spermatozoizilor ciliaţi la anumite gimnosperme *(Cycas, Ginkgo)* de botaniştii japonezi Ikeno şi Hirase (1898, 1902).

FECUNDAREA LA FANEROGAME. Ultimul pătrar al secolului al XIX-lea este marcat printr-o serie de cercetări deosebit de frumoase referitoare la această chestiune. La început, între anii 1875 şi 1884, au fost făcute descoperirile răsunătoare ale lui Eduard Strasburger relative la polen, la sacul embrionar, la fecundare. Acest eminent citolog a descris diviziunea citoplasmei celulare şi a nucleului.

Simultan cu publicarea primelor studii ale lui Strasburger asupra diviziunii celulare (1875), O. Hertwig făcea cunoscut rezultatul observaţiilor sale referitoare la fecundarea la animale, mai precis fuziunea nucleului spermatic cu nucleul ovulului. Acelaşi fenomen era studiat, în 1883—1884, de Gorojankin şi Strasburger, la plantele cu flori. Era elucidat rolul unuia dintre cele două nuclee mascule ieşite din tubul polinic şi conţinute în sacul embrionar. Soarta celuilalt nucleu, care nu fuzionează cu celula-ou (oosfera), rămînea o enigmă care a fost însă elucidată de Navaşin (1898) şi Guignard (1899); acest al doilea nucleu mascul se contopeşte[2] cu cele două nuclee polare secundare contopite ale sacului embrionar, pentru a forma un al doilea zigot, foarte bizar, care generează albumenul, ţesut nutritiv al embrionului.

Între anii 1883 şi 1887, renumitele lucrări ale citologului belgian E. van Beneden, confirmate de Boveri (1887), dovedesc că la *Ascaris* nucleul ovulului şi cel al spermatozoizilor includ acelaşi număr de cromozomi, că în celulele reproducătoare acest număr reprezintă jumătate din celulele germinative din care derivă ele. În scurt timp, reducerea numărului de cromozomi (meioză) este observată la vegetale şi de Strasburger (1888) şi Guignard (1889). În 1893, Strasburger este în situaţia de a dezvolta în continuare, într-un mod esenţial, teoria lui Hofmeister. De aici înainte se va vorbi despre faza haploidă, după reducerea la jumătate a numărului de cromozomi, şi despre faza diploidă, după cariogamie.

SEXUALITATEA LA CIUPERCI. PARAZITISMUL. Teoria sexualităţii a întîmpinat mari dificultăţi în ceea ce priveşte ciupercile, dintre care unele nu au fost depăşite în mod satisfăcător nici în prezent. Fără îndoială că la începutul secolului nu se mai credea în generaţia spontanee a ciupercilor; încă din 1729, Micheli observase că aceste organisme se reproduc prin „seminţe", în termeni actuali prin spori. Dar foarte mari micologi, ca O. Brefeld şi Van Tieghem, continuă totuşi să nege, către sfîrşitul secolului al XIX-lea, reproducerea sexuată la ciupercile superioare.

Sexualitatea la ciuperci a fost descoperită mai întîi la grupele inferioare — exceptînd primele observaţii ale lui Ehrenberg (1818) asupra unei mucorinee — abia spre mijlocul secolului al XIX-lea. Trei nume domină studiile în acest domeniu, cel al fraţilor francezi Tulasne şi cele ale germanilor Pringsheim şi Bary. Cercetările, în mod necesar extensive şi comparative, ale acestor savanţi au pus în evidenţă şi au definit, în acelaşi timp, fenomenele fundamentale ale polimorfismului la ciupercile superioare parazite, ale

[2] Fenomenul se numeşte *adelphophagie* (*adelphus* = frate; *phagein* = a mînca). — *C.M.*

heteroxeniei şi ale parazitismului, deschizînd astfel calea descoperirilor ulterioare referitoare la sexualitatea ciupercilor superioare.

Între anii 1847 şi 1854, fraţii Tulasne, mai cu seamă Louis-Réne, au fost principalii făuritori ai progreselor hotărîtoare înregistrate înainte de marile lucrări ale lui Bary. Confundînd, în virtutea ideilor preconcepute, sporii cu ouăle, micologii s-au angajat pe o cale fără ieşire. În 1851, L.R. Tulasne arăta că realitatea este deosebit de complexă şi că la ascomicetele parazite (*Erisyphe*, cornul secarei etc.), un acelaşi miceliu poate da diverse tipuri de spori şi în special cele de tip conidian, pe care le defineşte ca fiind de natură vegetativă. Astfel a fost descoperit *polimorfismul*; ceea ce fusese pînă atunci considerat ca fiind specii diferite, ca *Sclerotium clavus*, *Sphacelia segetum* şi *Cordyliceps purpurea*, au fost identificate ca fiind nişte faze (vegetative, în ceea ce le priveşte pe primele două, sau reproducătoare) ale unei singure şi unice specii pe care Tulasne a denumit-o *Claviceps purpurea*, banala specie cunoscută şi sub numele de cornul gramineelor. Această descoperire avea să aibă repercusiuni profunde asupra evoluţiei biologiei şi taxonomiei ciupercilor. Dar chestiunea era şi mai complexă încă şi nu a întîrziat să apară în studiile consacrate uredineelor, în special ruginii grîului, *Puccinia graminis*. Ciclul acestei specii care se realizează pe două gazde diferite, pe dracilă şi pe grîu, comportă două tipuri diferite de spori pe fiecare dintre gazdele sale, aşadar patru tipuri distincte. Tulasne a demonstrat identitatea taxonomică a ceea ce se crezuse pînă atunci că ar fi patru specii deosebite ale genurilor *Aecidiolum* şi *Aecidium* de pe dracilă, ca şi ale genurilor *Uredo* şi *Puccinia* întîlnite pe frunza de grîu (1853—1854). Tot L.R. Tulasne este cel care a descoperit organele sexuale de *Peronospora*.

Peronosporaceele (ficomicete) sînt în majoritatea lor nişte paraziţi ai plantelor cu flori, cărora le produc boli grave, ca mana viţei de vie sau „rîia neagră a cartofului". Lucrările fraţilor Tulasne au fost reunite într-un volum rămas clasic, admirabil ilustrat, dar, din nefericire, neterminat: *Selecta fungorum carpologia* (1857—1865).

Începînd din 1857, cercetările lui Tulasne au fost completate cu observaţiile de însemnătate capitală ale lui Pringsheim asupra ciupercilor de genul *Saprolegnia*, ficomicete tericole şi acvatice pe care le considera drept alge; el descrie organele lor sexuale pe care le denumeşte *oogoane* (organe femele) şi *anteridii* (organe mascule).

A. de Bary s-a ocupat la rîndul său de acest mare ansamblu de cercetări. Descoperă (1863—1865) relaţiile existente între rugina grîului şi cea a cornului secarei, care sînt una şi aceeaşi specie, *Puccinia graminis*. Speciile de acest tip, care necesită mai multe gazde pentru a-şi putea realiza ciclul lor, se numesc *heteroxene*, noţiune stabilită deja pentru alte specii prin remarcabilele lucrări ale savanţilor francezi Decaisne şi Max. Cornu.

Bary a descoperit (1861) procesul reproducerii sexuate la peronosporale: tubul anteridian, separat printr-o membrană de filamentul care l-a produs, se lipeşte de oogonul izolat în acelaşi mod de filament, şi îi perforează peretele. După fecundare, în interiorul oogonului se formează un oospor.

Lui De Bary i se datorează definirea şi stabilirea *parazitismului* (1863—1865). În acea epocă botaniştii nu erau de acord asupra originii ciupercilor endofite. Cu toate lucrările lui Pasteur, savanţi distinşi, ca Naegeli, continuau să creadă că ar putea fi vorba de o generaţie spontanee, cum se spunea, eterogonie. Se admitea că ar putea să se nască ciuperci prin alterarea plantelor bolnave. În 1807, pionierul fitopatologiei, genovezul B. Prévost, arătase într-adevăr, în lucrarea sa *Mémoire sur la cause immédiate de la carie*

ou charbon des Blés, că boala era contagioasă, și obținuse germinarea sporilor la un oarecare număr de endofite. Dar lucrările experimentale ale lui Bary asupra peronosporalelor, uredinalelor, ustilaginalelor sînt cele care au definit în mod riguros teoria parazitismului și au permis clasificarea ciupercilor în saprofite pure, parazite facultative și obligator parazite.

Aceste prime fundamente ale fitopatologiei moderne aveau să fie urmate la scurt timp de lucrările, rămase celebre, ale francezului Millardet, care descoperă (1879—1882) soluția de piatră vînătă (zeama bordeleză) și deschide era modernă a fungicidelor, precum și de cercetările de înaltă valoare teoretică ale englezului Harry Marshall Ward (1880—1881).

De Bary nu a fost numai un mare descoperitor. Savanți de prim rang, ca germanul O. Brefeld sau rusul M.S. Voronin, au fost elevii săi; lui Voronin în special i se datorează o descoperire remarcabilă (1876), și anume a unui mixomicet parazit pe varză (*Plasmodiophora*[3]).

O dată cu De Bary a fost inaugurată metoda experimentală de studiu pe culturi, în scopul de a se obține diverse forme de ciuperci, plecînd de la aceiași spori. După lucrările lui Pasteur, tehnica culturilor pure *in vitro* s-a dezvoltat rapid, mai cu seamă în Franța, fiind ilustrată prin frumoasele studii ale lui Ph. van Tieghem și Louis Matruchot. În 1870, Jules Raulin a fost primul care a reușit să realizeze cultura unei ciuperci, *Aspergillus niger*, pe un mediu sintetic. Una dintre cele mai remarcabile lucrări întreprinse în acest domeniu a fost, mai tîrziu, cea a lui Noël Bernard asupra simbiozelor endotrofe ale orhideelor.

[3] *brassicae*. — *C.M.*

CAPITOLUL V

Teoriile explicative ale evoluţiei

Evoluţia recunoaşte continuitatea lumii vii şi derivarea formelor animale, unele din altele, prin filiaţie. Această concepţie, care se opune ideii fixităţii speciilor, îşi are originea în antichitatea greacă; puţin cîte puţin, ea s-a impus spiritelor şi se poate afirma că devenise curentă în secolul al XVIII-lea (cf. vol. II, pp 604—610). Ideea evoluţiei ca atare este un punct cîştigat şi, în decursul întregului secol al XIX-lea, cercetările şi cuceririle în domeniul anatomiei comparate, embriologiei, paleontologiei vor aduce noi dovezi pe tărîmul evoluţiei. Secolul al XIX-lea va fi martorul naşterii primelor două teorii explicative ale evoluţiei, teorii care nu sînt nici acum total perimate.

Lamarck, discipol al lui Buffon, el însuşi mare transformist, este fondatorul teoriei care-i poartă numele. La mijlocul secolului, Darwin va propune o altă explicaţie, al cărei răsunet considerabil va modifica întreaga gîndire.

A. LAMARCKISMUL

LAMARCK (1744—1829). Sistematician, botanist, filozof al naturii, Jean-Baptiste de Monet de Lamarck s-a născut în Picardia, în anul 1744. Fiind reformat ca ofiţer, el a venit la Paris, unde a început îndată să studieze medicina şi istoria naturală. Discipol al lui Bernard de Jussieu, el publică o *Flore française* (1778). Atunci a fost remarcat de Buffon; acesta îl însărcinează cu cîteva misiuni în străinătate înainte de a-i încredinţa un post destul de modest la Jardin du Roi. În 1793, Convenţia care fundase Muzeul de istorie naturală l-a însărcinat să reclasifice colecţiile de animale inferioare. Lamarck a întîmpinat mari dificultăţi în separarea diverselor specii; aceste dificultăţi stau probabil la originea teoriei sale. Pînă atunci partizan al fixităţii speciilor, el a ajuns la o concepţie evoluţionistă pe care a dezvoltat-o apoi în *Philosophie zoologique* (1809).

CONCEPȚIA EVOLUȚIONISTĂ A LUI LAMARCK. Întrucît izolarea diferitelor specii ridica probleme serioase, Lamarck presupune că ele trec unele în altele și că nu au constituit obiectul unor acte de creație individuală. Specia se caracterizează printr-o stabilitate provizorie, în raport cu stabilitatea mediului:

„Pe măsură ce împrejurările locului expunerii, climei, nutriției, vieții... se modifică, scrie el, caracterele taliei, formei, proporției între părți, culorii, consistenței, agilității și abilității la animale se schimbă în mod proporțional".

Transformările mediului provoacă modificări ale necesităților, animalele dobîndesc noi *obiceiuri* „tot atît de durabile ca și necesitățile care le-au făcut să se nască".

„Nu organele unui animal sînt cele care au dat naștere obiceiurilor și facultăților sale particulare, scrie el, ci, dimpotrivă, obiceiurile, modul lui de viață și împrejurările în care s-au întîlnit indivizii din care provine el au constituit, cu timpul, forma corpului său, numărul și situarea organelor lui, în sfîrșit, facultățile de care se bucură el".

În mod cronologic, faptele se succed astfel: o schimbare de mediu provoacă o modificare a obiceiurilor, care ea însăși duce la o schimbare a modului de acțiune, care determină, la rîndul ei, o modificare a formei.

Lamarck își ilustrează teoria cu numeroase exemple:

Astfel, girafa, fiind nevoită să pască frunzele din copaci, se sforțează să le ajungă; acest obicei persistînd de multă vreme la toți indivizii speciei a dus la modificări utile ale formei; picioarele din față au devenit mai lungi decît cele din spate și gîtul s-a alungit suficient pentru a atinge crengi de la 6 m înălțime.

Pasărea, pe care necesitatea de a-și găsi hrană o atrage pe apă, își depărtează degetele atunci cînd vrea să înoate; pielea capătă obișnuința de a se întinde și în felul acesta se formează, prin transmiterea efectelor exercițiilor repetate timp de numeroase generații, membrana interdigitală a păsărilor acvatice.

Rumegătoarele se bat cu lovituri de cap; șocurile au determinat formarea unei tuberozități cornoase ori osoase; „În frecventele accese de furie pe care le au masculii, eforturile sentimentelor[1] lor interne atrag mai tare fluidele spre această parte a capului lor; ca urmare, se depune aici o secreție de substanță osoasă, amestecată cu substanță cornoasă, ceea ce dă naștere la mici protuberanțe solide".

Lamarckismul cuprinde deci două reguli:

a) Nevoia creează organul necesar; folosirea îl fortifică și îl amplifică; neutilizarea determină atrofierea și dispariția organului nefolositor.

b) Caracterul dobîndit sub acțiunea mediului este transmis prin reproducere; caracterul dobîndit este deci ereditar. Teoria se sprijină pe două postulate:

[1] După Lamarck, „sentimentul interior" există numai la animalele înzestrate cu un sistem nervos. El se intercalează între acțiunea mediului și reacția vietuitorului, pentru a grăbi și înlesni transformările adaptative (v JEAN-PAUL ARON, *Prezentare a „Filozofiei zoologice" a lui Lamarck*, Uniunea generală a editiilor, 1968, p. 15.—*C.M.*).

primul, răspunsul organismului la o modificare a mediului sau a obiceiului, de unde o facultate de autoadaptare, pusă în evidenţă de exemplele lui Lamarck; al doilea, ereditatea caracterelor dobîndite.

CRITICILE LAMARCKISMULUI. Lamarckismul nu a suscitat entuziasm; spiritele nu erau suficient de pregătite pentru a înţelege şi a admite aceste idei noi. Glasul lui Lamarck a fost înăbuşit mai cu seamă de prestigiul lui Cuvier; spirit pozitiv şi doctrinar, acesta a respins fără dificultate teoriile lui Lamarck care şi-a trăit în singurătate îndelungata lui bătrîneţe, agravată datorită orbirii. Cuvier îl privea pe Lamarck cu un oarecare dispreţ: „Nimeni, spunea el, nu le-a apreciat (vederile sale) ca fiind suficient de periculoase, pentru ca ele să merite a fi atacate".

Criticile ulterioare formulate împotriva lamarckismului se referă la cele două postulate ale sale. Mediul exercită o acţiune incontestabilă asupra organismului, care se exprimă printr-un răspuns adaptativ. Dar organismul nu răspunde *totdeauna* printr-o modificare utilă, la acţiunea mediului; această modificare este deseori neînsemnată şi fără nici un fel de utilitate. În plus, toate experienţele controlate pentru a verifica ereditatea caracterelor dobîndite au dat rezultate negative. Acest eşec experimental ruinează lamarckismul. Neereditatea răspunsurilor adaptative la acţiunea mediului le ia acestora, dintr-o dată, orice valoare evolutivă. Dar lamarckiştii răspund că experienţele sînt de o prea scurtă durată şi că factorul timp este foarte important. Dacă acţiunea mediului s-ar exercita timp de milenii, reacţia morfologică, ori fiziologică ar deveni poate ereditară. S-ar putea afirma, de asemenea, că în epoca actuală organismele au ajuns la un stadiu de stabilitate, după ce au cunoscut în trecut modificări profunde, prin adaptări diverse şi multiple.

Cu toate criticile, respingerile, eşecurile experimentale, lamarckismul nu dispare total; numeroşi naturalişti sînt totuşi adepţi ai lamarckismului şi persistă să creadă că mediul exercită o influenţă directă asupra fiinţei vii, şi nu o acţiune indirectă, prin intermediul selecţiei. Experienţele nu confirmă transmiterea caracterelor dobîndite, dar oare aşa se întîmplă întotdeauna în natură? Pe de altă parte, lamarckismul ar fi putut da — în, cazul confirmării lui — o explicaţie simplă şi seducătoare a diverselor fapte biologice, de exemplu, structura arhitecturală a oaselor, calozităţile ereditare, cecitatea animalelor cavernicole etc.

NEOLAMARCKISMUL. La sfîrşitul secolului al XIX-lea şi începutul secolului al XX-lea, lamarckismul, sau mai exact neolamarckismul, a cunoscut un succes extraordinar, cel puţin în Franţa, unde Giard, E. Perrier, G. Bonnier, Le Dantec, Constantin, F. Houssay au fost apărătorii săi notorii. A. Giard, principalul campion al acestei cauze, aprecia că factorii lamarckieni, acţiunea mediului, erau agenţii primari şi fundamentali ai evoluţiei, selecţia nejucînd

decît un rol de agent secundar. Unii ultralamarckiști au formulat explicații cel puțin neverosimile; astfel, Ed. Perrier scria:

„*Diplodocus* mergea pe un sol acoperit cu o vegetație densă în care animalul trebuia să-și croiască drum; rezistența plantelor care îi reținеau trunchiul provoca alungirea gîtului, iar coada sa, prinsă de crengile ce reveneau în spatele lui, era la rîndul ei alungită de tracțiunea acestora" (*La vie en action*, 1921, p. 210).

În prima treime a secolului al XX-lea, vor apărea teorii neînsemnate mai mult sau mai puțin apropiate de neolamarckism; valoarea lor explicativă este redusă, de unde și răsunetul lor mediocru.

B. DARVINISMUL

CHARLES DARWIN (1809—1882) ȘI OPERA SA. A doua mare teorie formulată în secolul al XIX-lea este cea a lui Darwin.

Charles Darwin este nepotul biologului Erasmus Darwin, autor al lucrării *Zoonomia, or the Laws of organic Life* (2 vol., Londra, 1794—1796), un amestec de concepții teoretice și de reverii metafizice, care nu sînt lipsite de unele analogii cu cele ale lui Lamarck. La 22 de ani, după ce și-a terminat studiile la Cambridge, el a plecat, sfătuit de maestrul său, botanistul Henslow, ca naturalist pe bordul vasului „Beagle", care a explorat America de Sud și cîteva insule din Pacific. Călătoria a durat cinci ani (1831—1836); ea a exercitat o influență hotărîtoare asupra ideilor lui Darwin care — înainte de plecare — era încă partizan al ideii fixității speciilor, ca orice naturalist din timpul său. Reîntors în Anglia, el s-a însurat cu verișoara sa, E. Wedgwood (1839), și, în 1842, ca urmare a sănătății sale precare, a fost nevoit să părăsească Londra, stabilindu-se la țară, la Down, în Kent. Darwin s-a consacrat studierii colecțiilor pe care le-a adus din expediția sa. A murit la 19 aprilie 1882 și a fost înmormîntat la Westminster.

Înzestrat cu un talent înnăscut de observator, Darwin a fost impresionat, în cursul călătoriei sale în jurul lumii, de un anumit număr de fapte: deplasîndu-se de la nord spre sud, el a constatat o substituire a speciilor înrudite, diversitatea și endemismele din diferitele insule ale arhipelagului Galapagos, precum și înrudirea populațiilor din America de Sud cu cele din insulele apropiate de acest continent; a notat legăturile de înrudire a mamiferelor edentate vii, cu cele aparținînd speciilor dispărute din stratele geologice din pampas. Toate aceste fapte, observate cu multă atenție și finețe, i s-au părut incompatibile cu concepția fixistă. El a conceput atunci specia nu ca o entitate fixă, care rezultă dintr-o creație arbitrară, ci ca rezultatul diversificării progresive, în primul rînd, în mediile izolate. Ipoteza unei evoluții gradate a formelor animale era astfel pusă; Darwin a căutat atunci mecanismul posibil al acestei evoluții. El a regăsit o variabilitate similară la animalele domestice și la plantele cul-

tivate; însemnătatea variațiilor era neîndoielnică și a întrevăzut toate foloasele pe care crescătorii și agricultorii știau să le tragă de pe urma selecției artificiale, adică prin alegerea riguroasă a exemplarelor ce urmau a fi reproduse. Pentru a analiza mai bine aceste variații, el însuși a crescut porumbei.

Renumita lucrare a lui Malthus, *An Essay on the Principle of Population* (Londra, 1798), îl impresionase pe Darwin și l-a influențat foarte mult. Economistul englez arăta disproporția existentă dintre creșterea populațiilor și cea a resurselor alimentare, disproporție din care rezultau o serie de suferințe și lupte pentru obținerea hranei, victoria rămînînd de partea acelora care prezentau anumite avantaje în comparație cu alții. Ideile de *luptă pentru viață* și de *selecție naturală* fuseseră născute.

„ORIGINEA SPECIILOR". Aceste idei au constituit obiectul gîndurilor și eforturilor lui Darwin timp de mai mulți ani; el acumula și analiza materiale considerabile pentru publicarea unei lucrări de ansamblu asupra acestei importante probleme; discuta despre aceasta cu prietenii săi, botanistul Joseph Hooker, zoologul Thomas Huxley, geologul Charles Lyell. Între anii 1842 și 1844, Darwin a elaborat o primă expunere a concepțiilor sale, fără a o publica[2]. Dar în 1858, un naturalist care călătorea prin Malayezia, Alfred-Russell Wallace, i-a trimis un memoriu, *On the tendancy of varieties to depart indefinitely from the original type*[3], rugîndu-l să-l transmită lui Lyell; în acest memoriu era, de asemenea, exprimat și dezvoltat principiul selecției ca bază a diversificării speciilor. Îndelungata răbdare a lui Darwin risca să ducă la zădărnicirea eforturilor sale personale. Sfătuit de Lyell și de Hooker, el a publicat o expunere sumară a teoriei sale, care a fost prezentată și citită, în același timp cu memoriul lui Wallace, într-o ședință a Societății linneene din Londra, la 1 iulie 1858.

Darwin s-a consacrat atunci redactării unei expuneri prescurtate a vastei lucrări pe care o pregătea și care a apărut în noiembrie 1859, la Londra, sub titlul: *On the Origin of Species by Means of natural Selection*. Această carte revoluționară marchează una dintre etapele cele mai importante ale istoriei biologiei.

Iată liniile mari ale darvinismului: modificările condițiilor de mediu determină variațiile ființelor vii, acționînd fie asupra corpului, fie asupra celulelor reproducătoare. Darwin distinge variațiile definite, care sînt identice la toate organismele modificate, și variațiile nedefinite care sînt diferite de la un individ la altul. Fiecare individ este în concurență cu semenii săi; în această luptă pentru viață, indivizii cu variațiile nocive vor fi condamnați și distruși; în schimb, indivizii purtători ai variațiilor avantajoase vor persista și vor lăsa moștenire avantajele lor. Această persistență a formelor celor mai bune corespunde unui fel de triere, de *selecție naturală* care tinde spre *supraviețuirea*

[2] Acest text a fost publicat în 1909, cu ocazia centenarului nașterii lui Darwin, de către fiul său, Francis Darwin. A. Lameere a prezentat o traducere în limba franceză (*Darwin*, Paris, 1922).

[3] Acest scurt memoriu a fost publicat în revista Societății linneene din Londra („J. Proc. Lin. Soc.", 1858, t. III; Zool., 1859, pp. 53-62).

celui mai apt. Evoluția este deci în funcție de variabilitate și de concurență. Mai tîrziu, Darwin i-a adăugat teoriei sale principiul *selecției sexuale.* Masculii luptă pentru a cuceri femele; masculii cei mai frumoși, cei mai puternici vor fi învingători și vor fi singurii care procreează, femelele alegîndu-i pe masculii cei mai frumoși.

Darwin a publicat încă o serie de lucrări[4], care i-au asigurat un loc de prim rang în biologia secolului al XIX-lea.

PRIMIREA FĂCUTĂ DARVINISMULUI. Teoria lui Darwin a avut un răsunet puternic; clară și logică, ea părea să ofere un răspuns satisfăcător la toate faptele. Succesul *Originii speciilor* a fost imediat; prima ediție, de 1250 volume, s-a epuizat într-o săptămînă; noi ediții și traduceri au urmat la scurt timp (lucrarea a fost tradusă în limba franceză în 1862 de Clémence Royer)[5] Dar discuții aprige au început să se desfășoare în Franța și chiar în Anglia; ele se refereau atît la *Originea speciilor*, cît și la *Descendența omului (The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex).* Extinderea inevitabilă a teoriei la originea omului irita lumea religioasă. S-au dezlănțuit controverse pasionate și violente; episcopului anglican Wilberforce, care susținea originea divină a omului, Huxley îi răspunse că ar fi preferat „să fie o maimuță perfecționată decît un Adam degenerat".

În Franța, ideile lui Darwin au fost combătute în mod violent de Flourens, care nu considera selecția naturală ca un fapt pozitiv ce ar rezulta din experiență. A. de Quatrefages și H. Milne-Edwards s-au limitat la o critică moderată. Această opoziție se reflectă în faptul că alegerea lui Darwin la Academia de Științe a eșuat de cîteva ori; el a fost ales abia în 1879, ca membru corespondent la secția de botanică. Cîteva personalități au aderat la evoluționism, printre care antropologul Broca și paleontologul A. Gaudry. Botanistul Naudin a formulat în 1852, înainte de apariția darvinismului, unele idei apropiate de cele ale lui Darwin, declarînd că natura a trebuit să realizeze specii așa cum producem noi varietăți plecînd de la un număr restrîns de tipuri inițiale, dar în cadrul unei finalități generale și providențiale (concepție care era formulată în Anglia de Owen, adversar al ideii selecției naturale) și făcînd să derive speciile unele din altele, după un plan prealabil și prin variații bruște.

În Germania, adeziunea la darvinism a fost spontană și generală, totuși nu unanimă. În 1864, un zoolog german emigrat în Brazilia, Fritz Müller, publica sub titlul *Für Darwin*, un opuscul în care exprima, în lumina cercetărilor sale asupra dezvoltării crustaceelor, ideea că fazele succesive ale embriogeniei reflectă etapele evoluției din trecut; această concepție urma să fie puter-

[4] *Zoology of the Voyage of H.M.Ship „Beagle"* (1840—1843); *Variations of Animal and Plants under Domestication* (1868; trad. fr. 1869); *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (2 vol., 1871; trad. fr. 1872); *The Expression of the Emotions in Man and Animal* (1872; trad. fr. 1874) etc.

[5] *Originea speciilor* a fost tradusă după ediția engleză definitivă de Ed. Barbier (Paris, Librairie C. Reinwald, Schleicher Frères, editeurs). Traducătorul afirmă în prefață că au apărut în Franța mai multe ediții ale celebrei lucrări a lui Darwin, însă nici una nu este completă, deoarece autorul, la fiecare ediție englezească nouă a adus modificări importante operei sale. — *C.M.*

mic susţinută de Ernst Haeckel (1834—1919)[6], profesor la Universitatea din Jena, unul dintre propagatorii cei mai activi ai darvinismului într-o serie de lucrări[7] care au cunoscut un mare succes şi o largă difuzare.

NEODARVINISMUL. În timpul ultimilor ani ai secolului al XIX-lea, controversele transformiste vor căpăta o înfăţişare nouă care va fi desemnată cu numele de *ultradarvinism* sau *neodarvinism*. Ideile lui Darwin sînt atunci împinse pînă la extrem de către ultradarvinişti şi în special de Weismann şi Wallace. Aceştia acceptă întreaga teorie a lui Darwin, cu excepţia concepţiei lamarckiene a eredităţii caracterelor dobîndite; conferă selecţiei o eficienţă totală; dar, pentru a oferi prilejul selecţiei, orice caracter trebuie să fie util, şi A.R. Wallace se străduieşte să dovedească această utilitate, fără a ezita în faţa exceselor uneori ridicole.

Zoologul german August Weismann (1834—1914), nu numai că nu acceptă ereditatea caracterelor dobîndite, dar o consideră ca imposibilă. În acest sens, el a constatat că, deşi generaţii de-a rîndul, a tăiat cozile la şobolanii care se năşteau, puii nou-născuţi continuau să aibă coadă. Pentru a explica netransmiterea ereditară a caracterelor dobîndite, el a ridicat la rang de dogmă — ca urmare a faimoasei sale teorii referitoare la continuitatea plasmei germinative (1883) — divizarea organismului pluricelular în *soma* şi în *germen*; germenul nu ar fi receptiv la nici un fel de influenţă din partea organismului sau a somei care îl conţine; soma şi germenul ar fi complet independenţi unul de altul. Orice variaţie este provocată de o cauză internă, localizată în germen. Modificările somatice nu prezintă valoare evolutivă; ele nu pot acţiona asupra germenului şi nu sînt deci ereditare. Un organ dăunător este eliminat prin selecţie, în timp ce asupra unui organ inutil, selecţia nu acţionează: de unde şi persistenţa organului inutil. Weismann numeşte *panmixie* această suspendare a procesului selecţiei. Ipoteza de faţă a lui Weismann[8] constituie neodarvinismul weismannian.

Am menţionat uimitoarea coincidenţă de idei dintre Darwin şi Wallance care au stabilit, în acelaşi timp, principiul selecţiei naturale. Printre precursorii lui Darwin se situează un naturalist amator, Robert Chambers, care a publicat în mod anonim, *Vestiges of Natural Creation* (1844). În această lucrare, ipoteza evoluţiei este prezentată în mod abil; principalele argumente în favoarea evoluţiei care vor fi prezentate ulterior sînt deja citate. Expunerea

[6] La noi, elevi ai lui Haeckel au fost N. Leon şi fratele său, Gr. Antipa, doi evoluţionişti convinşi. — *C.M.*

[7] ERNST HAECKEL, *Generalle Morphologie der Organismen* (2 vol., Berlin, 1866); *Natürliche Schöpfungsgeschichte* (Berlin, 1868; trad. fr.); *Histoire de la création des êtres organisés* (Paris, 1874); *Anthropogenie* (Leipzig, 1874; trad. fr.); *Anthropogénie* (1877); etc.

[8] E.G. RACOVIŢĂ, în lucrarea sa, *Evoluţia şi problemele ei* (Cluj, 1929), s-a ridicat cu tărie împotriva lui Weismann, creatorul neodarvinismului, care a conchis că influenţa mediului nu dă naştere decît la variaţii ce nu se moştenesc. „Independenţa germenului în somă este pîrghia doctrinei weismanniste, dar şi capitala ei greşeală", scrie Racoviţă (p. 146). „Se cunosc, adaugă el (p. 147), foarte multe spiţe în care mici fragmente de somă, fără urme de germen, pot reproduce la infinit specia". — *C.M.*

denotă o tendință lamarckiană în cadrul căreia acțiunii mediului i se adaugă un „impuls divin".

CÎTEVA TENDINȚE DIVERGENTE. Trebuie să mai semnalăm cîteva concepții teoretice referitoare la evoluție, care nu au depășit stadiul verbal. Botanistul german Karl Naegeli, autor al unei „Teorii mecanofiziologice a evoluției" (*Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre*, München, 1884), atribuie realizarea acesteia unei forțe abstracte de perfecționare care acționează în cadrul oricărei forme vii. Th. Eimer (*Die Entstehung der Arten*, 3 vol., Jena, 1888—1901) emite idei analoge, dar recunoaște acțiunea eficace a agenților externi, ca: lumina, căldura, nutriția. După cum afirmă Eimer, evoluția se realizează urmînd niște direcții determinate, fenomen pe care el îl desemnează prin termenul de *ortogeneză*[9]. Zoologul D. Rosa (1900, 1918) atribuie și el unor forțe interne realizarea evoluției, precum și a diferențierii în cursul dezvoltării individului; el își numește teoria *ologeneză*[10].

Din toate aceste fapte rezultă clar că evoluția a constituit subiectul major al biologiei în a doua jumătate a secolului al XIX-lea.

[9] E.G. RACOVIȚĂ (*Evoluția și problemele ei*, p. 89) este adeptul concepției lui Th. Eimer, care susține că evoluția se face „...într-o singură direcție... în sens unic".—*C.M.*

[10] Versiunea franceză a teoriei lui Daniel Rosa este intitulată *L'Ologenèse. Nouvelle théorie de l'évolution et de la distribution géographique des êtres vivants* (1 vol. de 368 de pagini, Paris, 1931). Ecoul ei a ajuns și în România unde Th. Bădărău (1872—1958), prof. secundar din Iași, a rezumat-o amplu, într-un articol al său (vezi *Ologeneza. O nouă teorie a evoluției*, în Rev. șt. „V. Adam". vol. XII, nr. 1, martie 1931).—*C.M.*

CAPITOLUL VI
Originile geneticii

Lucrări remarcabile, care nu au găsit ecou la apariția lor, în cursul secolului al XIX-lea, și-au căpătat întreaga semnificație în zorile secolului al XX-lea și au constituit fundamentele unei discipline noi care a cunoscut o amploare și o importanță considerabile — genetica sau știința eredității. Este necesar să amintim aici aceste lucrări care s-au referit mai cu seamă la statistică (biometrie) și la studiul încrucișărilor între varietățile de aceeași specie.

ÎNCEPUTURILE BIOMETRIEI. Studiul statistic al variațiilor în cadrul grupurilor de indivizi, sau al *populațiilor*, din interiorul unei specii, a fost inaugurat de fizicianul și statisticianul belgian A. Quetelet (1796—1874); el a cercetat, de exemplu, variațiile de statură la un ansamblu de indivizi ai speciei umane (*Anthropométrie...*, Paris, 1871) și a reprezentat aceste variații printr-o curbă, *poligonul de frecvență*. Abscisele acestor curbe corespund valorilor numerice ale diverselor staturi, ordonatele — numărului de indivizi sau, cum se spune, frecvențelor fiecărei staturi. Această curbă, avînd un caracter regulat, prezintă un vîrf care se situează pe abscisa frecvenței maxime. O curbă similară se regăsește în toate statisticile referitoare la diverse caractere, efectuate asupra unor populații omogene, la cele mai variate tipuri de animale sau plante[1].

Printre lucrările de acest ordin semnalăm pe cele ale botanistului danez W. Johannsen (*Elemente der exacten Erblichkteitslehre*, ed. a II-a, Jena, 1913) întreprinse, în special, asupra variațiilor de greutate într-o populație de fasole rezultată dintr-un același bob inițial și studiată pe o serie de generații obținute prin autofecundare; este ceea ce se numește *o linie de descendență pură*. Aceste lucrări ale lui Johannsen au stabilit în mod definitiv tehnicile biometrice și au permis să se distingă particularitățile *fenotipice*, care depind de acțiunea

[1] Extins la grupuri de indivizi din ce în ce mai considerabile, pînă la infinit, acest poligon de frecvență tinde spre o curbă continuă limită, numită *curbă normală* sau *curba lui Gauss*, a cărei formulă este: $y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$, σ fiind *deviația-tip* (sau *standard deviation*).

Asupra aspectului matematic al acestei probleme, vezi de asemenea studiul lui G. Darmois, pp. 88—89.

condițiilor exterioare, și particularitățile *genotipice*, care corespund constituției ereditare.

Doi autori englezi, Fr. Galton (*Natural inheritance*, Londra, 1889) și K. Pearson (1857—1936), au întreprins de asemenea importante studii de biometrie asupra speciei umane, cercetînd variațiile pe care le prezintă membrii unei singure familii în cursul generațiilor succesive. Biometria se prezintă astfel ca studiul statistic al variației individuale[2].

EXPERIENȚELE DE HIBRIDARE. O altă tehnică, ce se poate combina cu cea precedentă, este studierea variațiilor produse prin *încrucișări* ale indivizilor din aceeași specie care prezintă caractere ereditare diferite, de exemplu între varietățile unei aceleiași specii, sau între specii diferite. Aceste încrucișări produc *hibrizi*. Hibrizii interspecifici sînt, cel mai adesea sterili. Așa sînt catîrii, hibrizi rezultați de pe urma încrucișării unui măgar cu o iapă. Dimpotrivă, hibrizii dintre varietățile unei aceleiași specii sînt, în general, fecunzi și se pot face asupra lor statistici biometrice multiple și extinse. Cercetările de acest fel au început în secolul al XIX-lea, dar nu au cunoscut o dezvoltare decît la începutul secolului al XX-lea.

Secolul al XVIII-lea a fost deja marcat printr-un șir de lucrări referitoare la hibridarea plantelor, în special cele ale lui Koelreuter, W. Herbert, C.C. Sprengel, A. Knight. În secolul al XIX-lea, Gärtner studiază numeroase încrucișări ale diverselor plante. În Franța, începînd din 1825, Sageret întreprinde numeroase încrucișări între speciile de pepene cantalup și șate și studiază combinările de caractere ale celor două tipuri la hibrizi[3]. Dar cercetările în acest domeniu vor căpăta o mare importanță datorită lucrărilor întreprinse simultan — ele au fost publicate, atît una cît și cealaltă, în 1865 — de doi botaniști, unul în Franța, Charles Naudin (1815—1899), altul la Brünn (astăzi Brno) în Moravia, călugărul Gregor Mendel (1822—1884).

LUCRĂRILE LUI NAUDIN. La Grădina botanică din Paris, Naudin se interesează mult de problema speciei și se pare că la început de tot el a admis un transformism limitat (1852). Ca și Cournot (*Essai sur les fondements de nos connaissances*, 1851), el consideră că practica horticolă de creare a varietăților i-a fost dezvăluită omului de evoluția naturii sălbatice. În final, omul face o *triere rațională* a indivizilor care deviază de la tipul specific și obține, după un mare număr de generații, varietatea dorită sau specia artificială. Începînd din 1856,

[2] Este de notat că după A. Tétry (*La Vie*, Paris, 1962, cap. XVIII: „Des jumaux", p. 336; în colab. cu J. Rostand), Francis Galton (1822—1911) a preconizat metoda statistică încă din 1875. Dar, după acad. belgian Paul Brien, Adolphe Quetelet (1796—1874), în lucrarea sa, *L'Anthropometrie* (1871), a dat noțiunea de om-mediu și a definit legea fluctuațiilor (atribuită uneori de biologi lui Galton) sub denumirea de *legea binomială* (v. PAUL BRIEN, *Florilège des Sciences en Belgique*, 1968, în „Astronomie", p. 64). —*C.M.*

[3] În afară de clasicii experimentatori premendelieni, trebuie să menționăm un precursor puțin cunoscut, farmacistul elvețian J.A. Colladon (1755—1830) care ar fi efectuat, înainte de 1829, niște încrucișări între șoareci comuni și șoareci albi, obținînd rezultate remarcabile pentru acea epocă.

Naudin întreprinde hibridări interspecifice la un număr destul de mare de plante (*Linaria*, *Datura*, *Nicotiana* etc.), încercînd în zadar să obţină forme noi şi stabile. Făcute în condiţii dificile, cercetările sale i-au permis totuşi să schiţeze cîteva jaloane ale mendelismului: uniformitatea hibrizilor din prima generaţie (F_1), identitatea încrucişărilor reciproce (indiferent de sexul genitorului), întoarcerea la tipurile parentale (fapt pe care-l demonstrează, în 1856, pe ciuboţica cucului), eterogenitatea generaţiilor F_2 şi a următoarelor (cînd cele F_1 sînt fertile şi autofecundate). După ce a stabilit aceste fapte, mai mult ori mai puţin cunoscute înaintea lui — şi de altfel contestate —, Naudin s-a străduit să le sesizeze sensul profund. Atunci reuşeşte el să formuleze ipoteza referitoare la ceea ce Bateson va numi „puritatea gameţilor" (adică a celulelor reproducătoare). Naudin vorbeşte despre o „disjuncţie a două esenţe specifice în polenul şi în ovulele hibrizilor". El consideră polenul şi ovulul ca fiind fie de tip patern, fie de tip matern. Fecundarea între gameţii masculi şi gameţii femeli de acelaşi tip ar fi *legitimă* şi s-ar manifesta prin reîntoarcerea la unul dintre părinţi.

GREGOR MENDEL ŞI LEGILE EREDITĂŢII. Între anii 1858 şi 1865, Mendel întreprinde în grădina mănăstirii sale din Brno aceleaşi cercetări ca şi Naudin, dar el merge mult mai departe. Lui îi revine, în mod incontestabil, meritul descoperirii legilor esenţiale ale eredităţii. Înzestrat cu un spirit matematic şi lucrînd, întîmplător, cu un material de studiu excepţional de favorabil — a cărui analiză raţională nu va putea fi făcută decît un secol mai tîrziu —, el a ştiut să dea acestor legi o expresie exactă şi definitivă.

Mendel a ales nu specii, ci rase bine fixate şi autofecunde ale speciei *Pisum sativum*, mazărea comestibilă. La început, încearcă să obţină, prin culturi prealabile normale, linii[4] pure constante, recoltînd în mod metodic, separat, boabele furnizate de fiecare plantă. Încrucişează apoi aceste linii două cîte două, făcînd polenizare artificială. În felul acesta, combină două cîte două diversele varietăţi care prezintă deosebiri precise (*boabe netede* x *boabe zbîrcite; albumen galben* x *albumen verde*; *flori albe* x *flori colorate*; *păstăi rectilinii* x *păstăi moniliforme*[5]; *flori axilare* x *flori terminale; tulpini scurte* x *tulpini lungi*).

La fiecare dintre aceste încrucişări, Mendel obţine (ca şi Naudin) o primă generaţie (F_1) uniformă, reproducînd una dintre cele două forme ale părinţilor. Pentru generaţiile următoare (F_2, F_3, F_4), el lasă să se facă autofecundarea naturală. În felul acesta, obţine în F_2, în mod regulat, 3/4 din plante prezentînd unul dintre tipurile iniţiale şi 1/4 din plante de tipul celălalt, care reapare astfel, în timp ce în generaţia F_1 era mascat. Spunem că tipul ce se manifestă în F_1 este *dominant* (D), iar tipul mascat în F_1 şi care reapare în F_2 este *latent* — sau *recesiv* (r).

Obţinînd din boabe F_2, prin autofecundare, o generaţie F_3, el constată că:

1. O treime din plantele F_2 dominante nu produc în mod exclusiv (100%) decît plante de tip dominant (D).

2. Celelalte două treimi de plante F_2 dominante se separă, în F_3, în 3/4 plante D şi 1/4 plante r.

[4] E.G. Racoviţă le numea „spiţe". —*C.M.*
[5] Gîtuite din loc în loc. —*C.M.*

3. Plantele F_2 de tip latent (*r*) dau, în F_3, 100% plante de tip latent *r*[6].

Mendel a ajuns la concluzia că ansamblul acestor rezultate poate fi explicat admiţînd faptul că la plantele F_1 hibride, *gameţii sînt în număr egal, de tipul pur al unuia dintre părinţii iniţiali (P) şi se combină la întîmplare*[7]. Este *legea purităţii gameţilor* (un singur caracter al fiecărei perechi pentru un gamet) pe care o formula, la rîndul său, Naudin, dar întemeiată în cazul de faţă pe date statistice precise.

Combinaţiile *DD* sau *rr* se numesc *homozigote*, iar cele dintre doi gameţi diferiţi *Dr*, *heterozigote*. Diversele combinaţii de gameţi F_1 dau, pentru F_2: 1 *DD*, 2 *Dr*, 1 *rr*, adică: 25%*DD* (dominante homozigote), 50% *Dr* (dominante heterozigote), 25%*rr* (latente homozigote), acestea din urmă reproducînd doar forma latentă iniţială.

În plus, Mendel a făcut experienţe asemănătoare combinînd, prin fecundare încrucişată, linii pure care se deosebeau prin două, trei sau patru caractere menţionate mai sus; rezultatele i-au arătat că, în aceste încrucişări, fiecare pereche de caractere se transmite prin aceleaşi legi, ca şi cum ar fi fost în cauză una singură; ceea ce dă în F_2, pentru două perechi de caractere *(AB, ab)*, 16 combinaţii care se manifestă în patru tipuri, în proporţiile 9 *AB*, 3*Ab*, 3*aB*, 1 *ab*. Pentru perechi de trei caractere grupate (*A*, *a*, *B*, *b*, *C*, *c*), intră în joc 64 de combinaţii care se manifestă, în F_2, în proporţiile 27 *ABC*; 9 *ABc*; 9*AbC*; 9 *aBC*; 3*abC*; 3*aBc*; 3*Abc*; 1 *abc*, şi raţionamentul poate fi generalizat, pentru combinaţiile unui număr mai mare de caractere.

Analiza rezultatelor obţinute de Mendel a arătat că, prin încrucişarea unor rase care diferă prin cel puţin două caractere, pot fi create noi rase stabile (combinaţii noi homozigote).

Am prezentat aceste detalii pentru că din ele rezultă un element de însemnătate capitală în ceea ce priveşte ereditatea la plante şi la animale; element care urma să se manifeste în modul cel mai larg şi cel mai fidel, o dată cu începutul secolului al XX-lea: autonomia transmiterii perechilor de caractere. În această privinţă, concluziile lui Naudin puteau lăsa să se creadă că disjuncţia nu intervenea decît între cele două esenţe specifice, provizoriu asociate în hibrid şi care se separă în bloc cu prilejul formării gameţilor.

După ce a demonstrat independenţa caracterelor, Mendel a pus problema existenţei, în interiorul celulei germinative, a unor unităţi ereditare a unor elemente determinante, existenţa obiectivă şi materială a acestor unităţi apărîndu-i ca o necesitate teoretică. Cincisprezece ani mai tîrziu, descoperirea cromozomilor confirma această strălucită anticipare.

După 1865, Mendel a efectuat alte cercetări pe o plantă diferită, dar în a cărei reproducere intră în joc — aşa cum a aflat-o el mai tîrziu — procese de înmulţire asexuată, care maschează legile numerice anterioare.

Ar părea normal, apriori, ca cercetări de o asemenea valoare şi o asemenea acurateţe să fi avut un răsunet imediat. În realitate, ele au fost date uitării.

[6] Iată cîteva cifre referitoare la aceste experienţe ale lui Mendel. Încrucişare *mazăre galbenă* (*D*) x *mazăre verde* (*r*); în F_2, la 8023 boabe, 6022 *galbene* (*D*); 2001 *verzi* (*r*). Încrucişare *boabe netede* (*D*) x *boabe zbîrcite* (*r*); în F_2 la 7324 boabe, 5474 *netede* (*D*); 1850 *zbîrcite* (*r*).

[7] A se vedea în această problemă şi J. ROSTAND şi A. TETRY, *La vie*, 1962.—*C.M.*

Mendel a cunoscut lucrările lui Naudin, după cum rezultă din una dintre scrisorile sale adresate lui Naegeli. Naudin foarte izolat printr-o surditate aproape completă, pare să-l fi ignorat totdeauna pe Mendel. O serie întreagă de savanți care se interesau de problemele eredității, ca Darwin, Weismann, Y. Delage etc., au ignorat complet opera lui Mendel, operă de o însemnătate fundamentală care nu avea să iasă din umbră decît în anul 1900, pentru a cunoaște atunci un succes și o răspîndire de-a dreptul uriașe[8].

NOȚIUNEA DE SPECIE. MUTAȚIILE. O altă noțiune nouă, de altfel strîns legată de datele precedente și care avea să se cristalizeze mai tîrziu, este cea a *mutațiilor*, ea fiind intim corelată cu studiul aprofundat al speciei; și acest studiu îi pasiona pe naturaliștii de la mijlocul secolului al XIX-lea[9].

Specia nu este o unitate absolută și indivizibilă. Cercetarea ei amănunțită conduce la subîmpărțiri în unități secundare, mai mult ori mai puțin numeroase, mai bine sau mai rău definite, cărora li se aplică termenii de varietăți și de rase. Încrucișările dintre acestea sînt perfect fecunde și conduc la combinații ale căror modalități le-am văzut anterior; dar ele însele pot fi studiate ca atare.

Un botanist amator din Lyon, Alexis Jordan (1814—1897), adversar al concepțiilor transformiste, făcuse, între anii 1856 și 1873, cercetări vaste și riguroase, cultivînd în mod separat unele varietăți culese în natură. Astfel, el a observat că un mic crucifer, foarte răspîndit în regiunea respectivă, *Draba verna*[10], prezintă 200 de varietăți, a căror stabilitate a verificat-o în decursul generațiilor succesive. Variabilitatea aparentă a speciei, invocată de transformiști, nu era pentru el, în realitate, decît coexistența acestor varietăți stabile, a căror juxtapunere constituie specia linneană. Cercetările lui Jordan constituie, oricum, o documentație solidă care are o semnificație precisă în genetica modernă. Botanistul olandez Lotsy a propus termenii de *linneon* și de *jordanon*, pentru a desemna, respectiv, specia colectivă și unitatea elementară definită de Jordan.

Pe de altă parte, la sfîrșitul secolului al XIX-lea, diverși autori puneau în lumină unele variații bruște și discontinue pe care Darwin le-a menționat cu denumirile de *sports* sau *single variations*, fără a le acorda importanță pentru că, de fapt, ele sînt aproape totdeauna dezavantajoase pe planul concurenței vitale și, în consecință, trebuie să fie eliminate de către selecția naturală.

În 1894, zoologul englez W. Bateson publica, sub titlul semnificativ *Materials for the Study of Variations treated with especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species*, un studiu asupra acestor variații bruște discontinue.

[8] Memoriul fundamental al lui Mendel fusese publicat în limba germană, în revista Societății de științe naturale din Brno, sub titlul *Versuche über Pflanzenhybriden* („Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brünn", vol. IV, 1865, pp. 3—47). Textul era deci, în principiu, accesibil, cu toate că difuzarea acestei reviste era destul de limitată. O traducere franceză a lui a fost publicată de A. CHAPELLIER, *Recherches sur les hybrides végétaux* („Bulletin biologique de la France et de la Belgique", 1907).

[9] În 1859, anul cînd Darwin publica *Originea speciilor*, botanistul francez A. Godron scotea de sub tipar o carte intitulată *De l'espèce et des races...*

[10] Urda-vacii.—*C.M.*

Tot în ultimii ani ai secolului al XIX-lea, botanistul rus S. Korjinski (1860—1900), publica în 1899, în ajunul morții sale premature, o lucrare sub titlul *Heterogeneza și evoluția, teoria formării speciilor*; în ea dezvolta teza după care, contrar opiniilor lui Darwin, speciile nu se transformă prin fluctuații minime și continue, ci prin modificări bruște, și el dădea exemple în acest sens referitoare la plante și animale domestice.

Botanistul olandez Hugo de Vries (1848—1935) făcuse, începînd din 1886, cercetări întinse asupra unei plante care se înmulțește în condiții naturale, *Oenothera lamarckiana* (plantă originară din America, aparținînd familiei onagraceelor), la care a constatat variații discontinue și bruște. El coordonase aceste date cu o serie de fapte analoge observate la plante și animale (și în speță cu cele adunate de Korjinski). H. de Vries a publicat o lucrare importantă, *Die Mutationstheorie* (2 vol., Leipzig, 1901—1903), în care dădea numele de *mutație* variațiilor bruște și ereditare care, după părerea sa, trebuiau să stea la originea diversificării speciilor.

Pusă astfel în evidență, noțiunea de mutație urma să se precizeze și să se extindă, jucînd un rol major în dezvoltarea geneticii — pe baza lucrărilor lui Mendel care vor fi scoase la lumină în zorii secolului al XX-lea de austriacul Eric von Tschermak, fiind în același timp confirmate experimental de Hugo de Vries și germanul Carl Correns.

Dar aceste etape noi țin de istoria biologiei din secolul al XX-lea, care va fi examinată în volumul următor al acestei *Istorii*. Amînăm, de altfel, pentru acest volum analiza primelor teorii speciale ale eredității (sau teorii micromeriste) care, fiind formulate în ultimii ani ai secolului al XIX-lea, nu vor cunoaște o dezvoltare considerabilă decît în secolul următor, cînd se vor sprijini, totodată, pe descoperiri anterioare (legile lui Mendel, mutații, descoperirea cromozomilor), precum și pe progresele rapide ale citologiei și ale geneticii experimentale.

CAPITOLUL VII
Preistoria

Preistoria științifică s-a născut în secolul al XIX-lea, grație sporirii numărului de descoperiri, creării și perfecționării noilor metode. În cursul acestui secol a fost dovedită vechimea reală a omului, industriile litice au fost clasificate și faunele contemporane studiate. Această operă a fost înfăptuită prin acțiunea conjugată a geologilor, antropologilor și arheologilor: arheologii, studiind cultura materială preistorică, antropologii examinînd osemintele umane, iar geologii încercînd să înțeleagă succesiunea terenurilor cuaternare și să localizeze, nivel cu nivel, osemintele omenești, uneltele și faunele.

RECUNOAȘTEREA EXISTENȚEI OAMENILOR FOSILI. Între anii 1801 și 1868 s-a dat bătălia omului fosil, o luptă aprigă între partizanii științei ortodoxe și fondatorii preistoriei, aceștia din urmă sprijinindu-se pe numeroase descoperiri făcute în peșteri sau în aluviunile rîurilor. Trei etape apar în această evoluție a gîndirii:

1. Spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea, se admitea în mod oficial că nici un om nu ar fi putut fi contemporan cu animalele dispărute (elefanți, rinoceri, reni etc.), ale căror resturi erau găsite aproape peste tot în depozitele cuaternare. Descoperirile lui John Frere (t. II, p. 711), de la Suffolk (1800), au trecut neobservate și însuși autorul și-a părăsit cercetările.

2. S-a admis apoi că anumiți oameni au fost contemporanii acestor animale, dar că ei nu puteau fi strămoșii noștri, fiind separați de noi prin cataclismul potopului universal — capitol al Bibliei despre care era interzis să se discute.

3. Se va ajunge, în sfîrșit, după lupta evocată, să se demonstreze că omul actual este, într-adevăr, descendentul direct al oamenilor fosili, preistorici, care au trăit în timpul cuaternarului, în același timp cu marile mamifere dispărute.

SĂPĂTURILE ÎN PEȘTERI. Unul dintre primii cercetători ai peșterilor a fost F. Jouannet care a descoperit silexuri cioplite și oseminte de animale fosile în peșterile de la Combe-Grenal, lîngă Sarlat (Dordogne), în anul 1815.

În 1823, Ami Boué a descoperit o jumătate de schelet de om și resturi de mamifere fosile, la baza loesului vechi de Lahr, pe malul drept al Rinului, în dreptul Strasbourgului. Obiectele descoperite au fost examinate de Cuvier,

care a ajuns la concluzia că scheletul era de dată mai recentă și provenea probabil dintr-un cimitir.

Între anii 1826 și 1829, Tournal a găsit în peștera de la Bise (Aude) cioburi de ceramică, oseminte de animale fosile, cîteva oase de om și de ren gravate. În 1829, Christol, din Montpellier, a descoperit oase de om, de hienă și de rinoceri în depozitele peșterii din Pondres. Descoperiri similare au fost făcute de E. Dumas în peștera de la Souvignargues și de dr. Pittore la Fauzan (Hérault). În același an, Ami Boué și-a confirmat observațiile din 1823, dar Alexandre Brongniart a reeditat sentința fără de apel a atotputernicului Cuvier în „Annales des sciences naturelles". Refuzul lui Cuvier de a crede în contemporaneitatea omului și a mamiferelor fosile din cuaternar era suficient pentru ca toate aceste cercetări să fie privite cu reprobare (E. Hamy).

Tot în 1829, dr. P. C. Schmerling a găsit în grotele de la Engis și Engilhoul, lîngă Liège, silexuri cioplite, oase de animale fosile și cranii de om sub stratul stalagmitic. Totuși, el nu a știut să se lepede de erorile lui Cuvier și a crezut că acest amestec provine de pe urma unei deplasări și a unui transport *(Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liège, 1833)*.

În Anglia, Mac Enery, făcînd săpături într-o peșteră de lîngă Torquay (Devonshire), *Kent's Hole*, a găsit silexuri cioplite și oase mari de mamifere sub planșeul stalagmitic. Publicîndu-și însă descoperirea împreună cu maestrul său, William E. Buckland, el a fost determinat, „din condescendență, scrie Lyell, a trece sub tăcere părerea sa personală și a nu afirma că unele silexuri de un tip vechi erau contemporane cu animalele dispărute ale căror oseminte le-a găsit". În 1840, Robert Godwin-Austen a făcut din nou aceleași observații, dar a afirmat că „osemintele și produsele muncii omului au fost depuse în peșteră înainte de formarea stratului stalagmitic". Totuși aceste importante descoperiri nu atrăgeau întotdeauna atenția, iar Societatea geologică din Londra a refuzat chiar să insereze o notă a lui Edward Vivian în această privință.

Astfel, primele săpături făcute în peșterile din Franța, Belgia și Anglia nu au fost luate în serios. Din nefericire, la fel s-a întîmplat cu descoperirile făcute, paralel, în aluviuni.

JACQUES BOUCHER DE PERTHES ȘI ȘCOALA DIN ABBEVILLE. O modestă „Societate de emulație", fundată în 1797 la Abbeville, a jucat un rol foarte activ în dezvoltarea studiilor de preistorie. Unul dintre primii săi membri, paleontologul Laurent Traullé (1758—1829), care informa Academia de Științe din Paris și Académie des Inscriptions et Belles-Lettres — prin intermediul lui Cuvier și Mongez — asupra numeroaselor descoperiri făcute în turbăriile de la Somme, poate fi considerat ca fondatorul arheologiei stratigrafice.

„Dl. Traullé, scrie Mongez, a observat în nenumărate rînduri că antichitățile ce par a fi de origine *galică* se găsesc cu prilejul celor mai adînci săpături; că cele *romane* sînt situate deasupra lor, și că, în sfîrșit, antichitățile *franceze*, sau mai degrabă ale francilor, apar primele".

Un alt membru al societății, medicul și naturalistul Casimir Picard (1806—1841), a urmărit de asemenea săpăturile locale care scoteau din cînd în cînd la lumină „topoare celtice". În 1830, găsind o teacă din corn de cerb și luînd cunoștință de descoperirea a patru topoare cu coadă, el a afirmat existența independentă a topoarelor cioplite și a topoarelor șlefuite, apoi a unei industrii de așchiere a silexului.

Jacques Boucher de Perthes (1788—1868), funcționar la vamă, se ocupa mai cu seamă de economie politică, de literatură și de politică. Devenind președinte al Societății de emulație din Abbeville în 1836, el a urmărit îndeaproape săpăturile arheologice și a inițiat crearea unui muzeu local. În 1837, el le a citit confraților săi o expunere filozofică, în care, în deplin acord cu ideile universal admise ale lui Cuvier, vechimea omului nu era înfățișată.

În 1841, Boucher de Perthes a găsit într-o carieră de nisip din Menchecourt numeroase oseminte pe care le-a trimis lui Cordier, la muzeu. Notăm totuși o primă mistificare: la solicitarea lui Boucher de Perthes, muncitorii din împrejurimile localității Abbeville descoperă niște „topoare celtice" în stratele de oseminte. Cu toate acestea, în iulie și august 1844, Boucher de Perthes găsește el însuși, la locul săpăturilor, mai multe topoare cioplite și un molar de elefant. El a anunțat descoperirile sale lui de Blainville și lui Cordier, care nu le-a acordat nici o atenție. La 7 noiembrie 1844, el și-a precizat punctul de vedere în fața colegilor de la Societatea de emulație din Abbeville:

„Cît despre cei (oamenii) ale căror urme le descoperim în bancurile diluviene inferioare, ei nu-și mai au urmașii pe Pămînt, iar noi nu sîntem cîtuși de puțin fiii lor întrucît, la fel ca și alte mamifere contemporane lor, ei au fost nimiciți: oamenii antediluvieni au aparținut unor timpuri situate în afara oricăror tradiții și oricăror amintiri".

În ceea ce ne privește, — afirmă el — noi sîntem la a doua etapă: oamenii care au produs topoarele cioplite sînt, într-adevăr, contemporanii mamuților și ai renilor, dar nu sînt strămoșii noștri, deoarece au fost nimiciți de potopul biblic.

Între timp, descoperirile s-au înmulțit și, în 1846, Boucher de Perthes a adresat Academiei prima parte a memoriului său, intitulat *Antiquités celtiques et antédiluviennes* („De l'industrie primitive ou des arts à leur origine"), cerînd totodată trimiterea unei comisii pentru verificarea exactității descoperirilor sale. Această comisie a fost constituită, dar nu s-a deplasat la fața locului, știința oficială continuînd să refuze a se interesa de aceste descoperiri. Flourens și Cordier l-au sfătuit pe Boucher de Perthes să-și părăsească cercetările, în timp ce Élie de Beaumont nega totul în bloc.

Totuși, în 1853, dr. Rigollot din Amiens i s-a alăturat lui Boucher de Perthes, după ce a vizitat zăcămintele de la Saint-Acheul. În 1859, paleontologul francez Albert Gaudry și eminenții savanți britanici, Falconer, Lyell, Prestwich și John Evans, au venit la Abbeville convingîndu-se de realitatea faptelor. În timp ce Gaudry a făcut o comunicare foarte favorabilă la Academia de Științe din Paris, geologii englezi și-au afirmat punctul lor de vedere în mai multe articole. Cîțiva ani mai tîrziu, Lyell își proclama convingerea vi-

brantă în *The geological Evidence of the Antiquity of Man* (Londra, 1863; trad. fr.: *L'Ancienneté de l'Homme prouvée par la géologie*, Paris, 1864), stîrnind astfel un viu interes în lumea ştiinţifică. Începînd de atunci, scrie Cartailhac, oamenii cei mai eminenţi „au făcut pelerinaj la Abbeville".

Pe de altă parte, în 1860, Boucher de Perthes a ţinut la Societatea de emulaţie din Abbeville renumitul său discurs, *De l'Homme antédiluvien et de ses oeuvres*, în timp ce H. J. Gosse, din Geneva, descoperea silexuri cioplite şi oase de mamut în nisipurile de pe strada Grenelle şi pe magistrala Motte-Picquet din Paris.

OPERA LUI LARTET. În acelaşi an, Édouard Lartet (1801—1871), avocat de profesie, mare amator de geologie şi preistorie, explora staţiunea Aurignac (Haute-Garonne), adresînd apoi o notă Academiei de Ştiinţe din Paris, *Sur l'ancienneté géologique de l'éspèce humaine dans l'Europe occidentale*. Ca urmare a primirii rezervate ce i s-a făcut, el a publicat observaţiile sale în diverse periodice. Lartet, care descoperise în 1854 şi 1856 resturile a două maimuţe antropomorfe, pliopitecul şi driopitecul, s-a ridicat, într-o notă din 1858 — *Sur les migrations anciennes des Mamifères de l'époque actuelle* —, împotriva ideilor referitoare la potop şi la cataclisme. Considerînd că istoria omului, ca şi cea a animalelor sau cea a Pămîntului, este o operă continuă, el a prezentat primele elemente ale unei cronologii paleontologice (1861). Vor exista astfel, scria el, „pentru perioada omenirii primitive, vîrsta marelui urs de peşteră, vîrsta elefantului şi a rinocerului, vîrsta renului şi vîrsta bourului". Oricît de imperfectă ar fi această primă încercare de clasificare, ea arată că problema omului şi a preistoriei trebuia să se integreze geologiei.

Élie de Beaumont, care afirma încă în 1863 că nu crede ca mamutul şi omul să fi trăit în acelaşi timp, a fost complet redus la tăcere în anul următor, ca urmare a descoperirii de către Lartet a celebrului mamut gravat în peştera La Madeleine (Dordogne).

De aceea, cînd Boucher de Perthes a murit (1868), adevărata elită a lumii ştiinţifice era convertită la ideile sale[1]. Numirea, în 1869, a lui Édouard Lartet la catedra de paleontologie a Muzeului consacra în mod oficial această victorie. Rămînea să se descopere şi să se clasifice faunele fosile şi industriile de piatră. Aceasta va fi opera celei de-a doua jumătăţi a secolului.

DESCOPERIREA OAMENILOR FOSILI. În 1865, dr. Fuhlrott publica descrierea cîtorva fragmente osoase (o boltă craniană şi cîteva oase lungi) care au putut fi salvate dintr-un schelet descoperit în anul 1856 de către muncitorii de la

[1] Dar nu toată lumea era convinsă şi în anumite medii retrograde indignarea era atît de mare, încît, la moartea lui Boucher de Perthes, lucrările sale au fost retrase din comerţ şi distruse după hotărîrea familiei sale. Cîţiva ani mai tîrziu, în 1875, cartea lui VICTOR MEUNIER, *Les ancêtres d'Adam, histoire de l'homme fossile*, care relata despre martiriul lui Boucher de Perthes, a avut aceeaşi soartă, chiar înainte de a ajunge în librării. Ea nu a fost editată decît în 1900 (M. BOULE, *Les hommes fossiles*, ed. a 3-a, Paris, 1946, p.11).

o carieră situată într-o rîpă, numită Neanderthal, situată între Elberfeld și Düsseldorf, în Prusia renană. Calota cranianã avea un aspect remarcabil prin fruntea estompată, proeminența arcadelor sprîncenare, proeminența crestei occipitale. Numeroși naturaliști au ezitat la început să o atribuie unui om. Era totuși chiar tipul omului de Neanderthal (fig. 17), ale cărui vestigii vor fi găsite aproape peste tot, uneori laolaltă cu unelte destul de primitive (tip

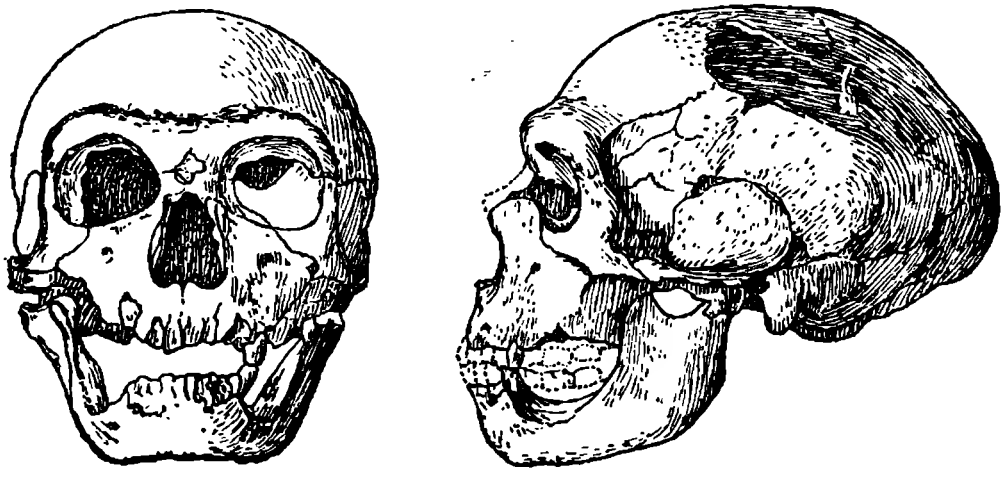


FIG. 17. OMUL DE NEANDERTHAL. CRANIUL DE LA CAPELLE-AUX-SAINTS.

musterian): Arcy-sur-Cure (Yonne, 1859), Gibraltar (1864), Brüx (Boemia, 1872), La Naulette (lîngă Dinant, Belgia, 1866), înainte de a se descoperi două schelete aproape complete și bine conservate, în 1886, la Spy (lîngă Namur).

În 1868, cu prilejul construirii căii ferate de la Pérgueux la Agen, Louis Lartet a găsit cinci schelete în depozitul de la Cro-Magnon, lîngă Eyzies (Dordogne), într-un nivel contemporan „vîrstei renului". A. de Quatrefages și dr. Hamy au definit această rasă numită de Cro-Magnon (fig.18): oameni foarte înalți (peste 1,80 m), dolicocefali. Schelete asemănătoare au fost descoperite apoi între anii 1872 și 1875, de către Emile Rivière, în peșterile de la Grimaldi, lîngă Menton; altele au fost găsite în perioada 1875 și 1900.

În 1888, Féaux și Hardy au scos la lumina zilei, dintr-un nivel magdalenian situat sub stînca Raymonden, de la Chancelade, din apropiere de Périgueux, un schelet de statură mică, căruia dr. Testut i-a stabilit afinitățile cu acelea de eschimoși.

Fără a mai ține seama de descoperirile incerte, spre sfîrșitul secolului al XIX-lea, se cunoșteau deci trei rase de oameni fosili: Neanderthal, Cro-Magnon și Chancelade. *Précis de paléontologie humaine*, a lui E.T. Hamy (1870), și *Crania ethnica* (1872—1882), a lui Hamy și A. de Quatrefages, marchează în mod limpede progresele rapide ale antropologiei preistorice.

DESCOPERIREA PITECANTROPULUI. Aceste numeroase descoperiri provocau discuții fără de sfîrșit, avînd, de altfel, mai mult un caracter filozofic. Trebuie să subliniem, într-adevăr, că dorința raționaliștilor de a dovedi originea animală a omului a fost cea care a provocat efectuarea majorității studiilor și cercetărilor.

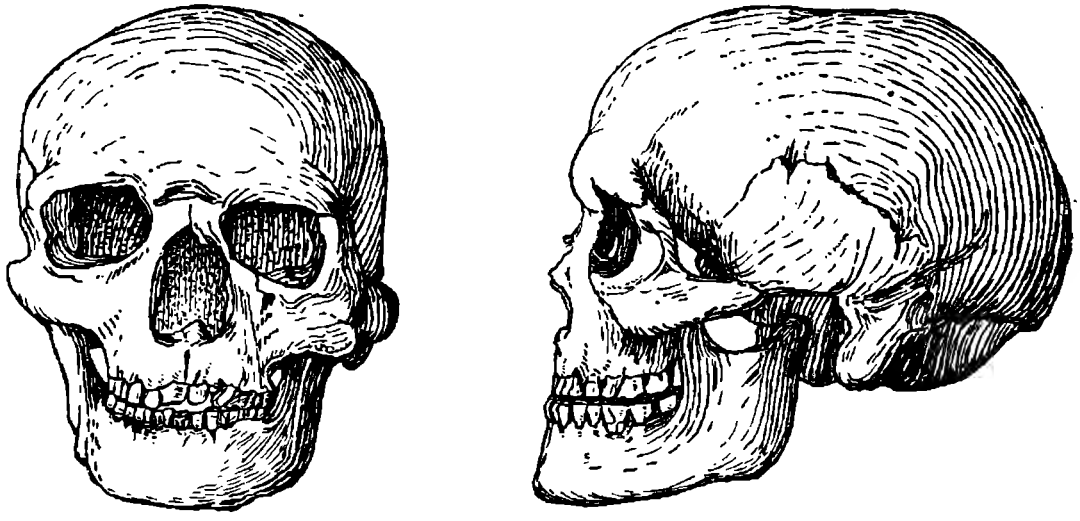


FIG. 18. OMUL DE CRO-MAGNON.

Mai cu seamă trei lucrări au avut un mare răsunet: *La descendance de l'Homme et la sélection sexuelle*, a lui Charles Darwin (Londra, 1871; trad. fr. 1872), *Histoire de la création*, a lui Ernst Haeckel (Berlin, 1868; trad. fr. 1874), urmată în curînd de *Anthropogénie ou histoire de l'évolution humaine*, a aceluiași autor (Leipzig, 1874; trad. fr. 1877).

Reluînd teoriile lui Lamarck referitoare la originea animală a omului, Haeckel a susținut existența unui intermediar morfologic între maimuțele superioare și om, căruia i-a dat numele de „pitecantrop".

Trebuie să adăugăm că, în 1873, la Congresul A.F.A.S., ținut la Lyon, G. de Mortillet și Abel Hovelacque au emis ipoteza existenței probabile a unui intermediar între maimuță și om. Ei i-au dat denumirea de antropopitec, atribuindu-i silexurile presupuse a fi cioplite, descoperite în terenurile terțiare.

La rîndul său, R. Virchow a emis ideea de principiu că primii oameni ar trebui să fie căutați în regiunea insulelor Djava — Sumatera.

Aceste scrieri l-au entuziasmat pe un tînăr medic militar olandez, Eugène Dubois, care a plecat în fostele Indii olandeze (azi Indonezia) cu intenția precisă de a căuta ipoteticul „om-maimuță". El a început cu Sumatera, apoi și-a continuat săpăturile, încă din 1890, în Djava. În 1891, la poalele vulcanului Lawu—Kulusan, din Trinil, Eugène Dubois a găsit, pe taluzul rîului Solo, calota craniană, un femur și un dinte aparținînd unei ființe intermediare în-

tre om şi maimuţă, avînd capacitatea cerebrală apreciată la 900 cm^3, cuprinsă deci între cea a maimuţelor antropomorfe şi cea a omului. Dubois şi-a publicat descoperirea în 1894; el i-a dat fiinţei pe care o descria numele de *Pithecanthropus erectus*, considerînd-l drept strămoşul direct al omului. S-au aprins iarăşi discuţii furtunoase purtate de paleontologi, antropologi, filozofi şi gazetari. Interpretarea corectă a pitecantropului se va face abia în secolul al XX-lea.

ARHEOLOGIA PREISTORICĂ. CELE TREI EPOCI: A PIETREI, A BRONZULUI, A FIERULUI. Arheologii de la începutul secolului al XIX-lea se aflau în prezenţa a numeroase obiecte din bronz, fier, cupru sau piatră, de vîrstă nedeterminată. Clasificarea tripartită (în epocile: a pietrei, a bronzului şi a fierului) care serveşte ca bază preistoriei, a fost schiţată, în 1836, de C. Thomsen, director al muzeelor arheologice şi etnografice din Copenhaga, în scopul de a uniformiza modul de aranjare a colecţiilor publice. Cercetarea mormintelor vechi i-a condus pe arheologii germani Lisch şi Danneil la concluzii identice. Puţin timp după aceea, Worsaae, succesorul lui Thomsen la Muzeul din Copenhaga, a stabilit o clasificare mai completă, introducînd două subdiviziuni în epoca pietrei şlefuite, două în epoca bronzului şi trei în epoca fierului.

Totuşi, ideea ca bronzul să preceadă fierul nu a fost adoptată uşor. Colonelul de artilerie danez Tscherning afirma că era imposibil să se prelucreze bronzul fără utilizarea unor unelte de fier sau de oţel. Germanul C. Hostmann pretindea că doctrina celor trei epoci era „ruşinea arheologiei contemporane" iar compatriotul său, C. Güttler, scria, încă în 1877, că adoptarea clasificării bazate pe antichităţile scandinave ar însemna o „«danificare» a întregii Germanii". Totuşi, Montelius în Suedia, John Evans în Anglia şi G. Mortillet în Franţa au recunoscut temeinicia acestei prime clasificări.

CLASIFICAREA INDUSTRIILOR PIETREI. Constatînd existenţa uneltelor de piatră cioplită, diferite de cele de piatră şlefuită, arheologii au propus să se exprime vechimea lor relativă, distingîndu-se două epoci cu însemnătate foarte deosebită: *epoca pietrei cioplite* şi *epoca pietrei şlefuite*. În lucrarea sa, *Prehistoric Times* (Londra, 1865; trad. fr.: *L'Homme avant l'histoire*, Paris, 1866), John Lubbock a introdus împărţirea în *epoca paleolitică* (sau „piatră veche", corespunzînd epocii pietrei cioplite) şi *epoca neolitică* (sau a „pietrei noi": începutul epocii pietrei şlefuite).

În 1869, Gabriel de Mortillet a prezentat la Academia de Ştiinţe din Paris lucrarea sa, intitulată *Essai de classification des cavernes et des stations sous abri fondée sur les produits de l'industrie humaine*, în care el subîmpărţea paleoliticul în patru epoci: cheulean, musterian, solutrean şi magdalenian, la care

a adăugat în curînd acheuleanul (situat între cheulean și musterian) (fig. 19 și fig. 20). Toate aceste denumiri amintesc de stațiunile franceze unde au fost descoperite asemenea tipuri de unelte: carierele de nisip din Chelles (Seine-et-Marne), stațiunile de la Saint-Acheul (Somme), de la Moustier (comuna Peyzac, Dordogne), de la Solutré (Saône-et-Loire) și de la La Madeleine (comuna Tursac, Dordogne).

În 1887, Édouard Piette a descoperit la Mas-d'Azil (Ariège) un nivel arheologic posterior magdalenianului și conținînd oseminte de cerb și de mistreț, cängi late din corn de cerb și pietre de rîu vopsite cu ocru roșu; era azilianul, prima etapă a unui etaj mezolitic, intermediar între paleolitic și neolitic. Un alt facies, cu mici silexuri geometrice, semnalat în 1865 în Portugalia de Perreira da Costa și întîlnit din nou în Franța în 1880 și 1887, a fost desemnat, în 1893, de Adrien de Mortillet, sub numele de tardenoisian (de la Fère-en-Tardenois, în Aisne).

DEZVOLTAREA STUDIILOR DE PREISTORIE. În 1864, Gabriel de Mortillet a înființat în Franța prima revistă de paleontologie: „Matériaux pour l'histoire de l'homme". În anul următor a fost hotărîtă organizarea congreselor in-

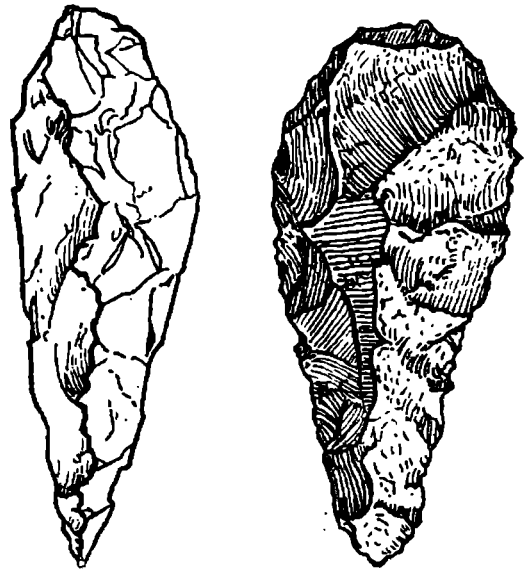


FIG. 19. PUMNAL ACHEULEAN (PALEOLITICUL INFERIOR).

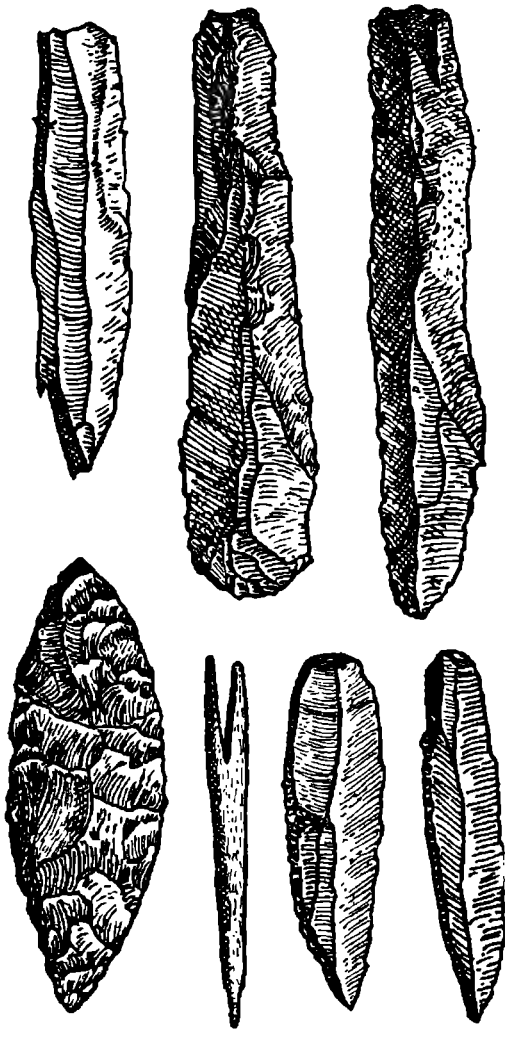


FIG. 20. UNELTE DIN PALEOLITICUL SUPERIOR.

ternaţionale de antropologie şi arheologie preistorică. La început anuale (primul s-a ţinut la Neuchâtel, în 1866), aceste congrese s-au succedat apoi destul de neregulat (al XII-lea s-a ţinut la Paris în anul 1900).

În 1876, şi-a deschis porţile Şcoala de antropologie din Paris şi G. de Mortillet a inaugurat în cadrul ei învăţămîntul preistoriei. Tot el a publicat, în 1881, lucrarea *Musée préhistorique*, iar în 1883, *Le Préhistorique*, operă remarcabilă, în care prezenta, în mod cronologic, documentele culese. A treia ediţie, publicată în 1900, oferă o excelentă punere la punct a stării ştiinţei preistoriei de la sfîrşitul secolului al XIX-lea. Semnalăm, de asemenea, începerea apariţiei, în anul 1890, a periodicului bilunar „L'Anthropologie", care publica, pe lîngă studii originale, o trecere în revistă critică a descoperirilor preistorice din întreaga lume.

PREISTORIE ŞI GEOLOGIE. Este cert faptul că singură metoda stratigrafică poate permite datarea relativă a faptelor preistorice. Or, primii exploratori ai zăcămintelor preistorice — chiar cei mai celebri — s-au limitat să exploreze sumar aceste depozite, aducînd la lumina zilei, la întîmplare, unelte şi oseminte din epoci foarte diverse. Foarte mulţumiţi să-şi îmbogăţească colecţiile cu frumoase silexuri cioplite, ei au părăsit deseori osemintele fosile pe care le-au întîlnit.

Se pare că Éduoard Piette este cel care a introdus, începînd din 1871, metoda ştiinţifică în cercetarea preistoriei:

„Am pus deoparte, scrie el, obiectele cuprinse în fiecare strat dintr-o peşteră, luînd precauţii speciale pentru ca ele să nu se amestece cu cele din depozitele situate dedesubt şi nici cu cele din sedimentele ce le acopereau; apoi am comparat între ele conţinuturile diverselor strate şi am dedus diviziuni şi subdiviziuni naturale. Această metodă este cea folosită de geologi. Am aşezat după aceea obiectele în ordinea suprapunerii lor şi am avut în faţă o adevărată pagină de istorie".

Această metodă stratigrafică a permis precizarea succesiunii arheologice în diverse puncte, dar mai rămînea să se stabilească raporturile dintre scara arheologică şi cea geologică, în cadrul timpurilor cuaternare.

Se ştie că era cuaternară, caracterizată prin apariţia şi dezvoltarea omenirii, a cunoscut mari modificări de climă şi o desfăşurare insolită a gheţarilor. Geologii scandinavi, germani şi englezi au studiat şi au descris extinderea calotei glaciare care acoperea Scandinavia, nordul Germaniei, Olanda şi aproape totalitatea insulelor britanice. La rîndul lor, A. Penck şi E.Brückner au început, în 1882 şi 1886, cercetările asupra glaciaţiilor alpine, în Germania şi în Elveţia. James Geikie a publicat, în 1895, o cronologie a depozitelor glaciare din Europa, iar T.C. Chamberlin, a Americii de Nord.

Discutîndu-se despre numărul fazelor glaciare şi despre limita de separaţie dintre terţiar şi cuaternar s-a admis posibilitatea subîmpărţirii cuaternarului

după aceste faze. Dar scoicile fosile, descoperite în anumite „plaje ridicate" la 15, 30, 60, 100 m deasupra nivelului actual al oceanelor, permiteau totodată împărțirea cuaternarului în trei sau patru etaje. În sfîrșit, între depozitele morenice din văile înalte și terasele marine, s-au descoperit „terase fluviale" de-a lungul întregii întinderi a văilor și s-a încercat, cu mai mult sau mai puțin succes, să se unească aceste elemente disparate într-un sistem coerent (cel puțin în mod aparent).

În 1889, Marcellin Boule a publicat un memoriu care a făcut epocă. În acest *Essai de paléontologie stratigraphique de l'Homme*, el expunea descoperirea pe care a făcut-o, a unui „pumnar" paleolitic, găsit într-un nivel intercalat între două depozite morenice și propunea un tablou care situa industriile arheologice în raport cu glaciațiile și cu repartiția faunei de mamifere. Acest tablou nu era cîtuși de puțin definitiv, dar el apărea ca o primă sinteză valabilă, care integra datele preistoriei în cadrul lor geologic.

DESCOPERIREA GRAVURILOR, PICTURILOR ȘI SCULPTURILOR PREISTORICE. Prima descoperire de artă preistorică datează din anul 1833. Este vorba despre un baston din corn de ren ornat cu gravura unei păsări, găsit de François Mayor din Geneva în stațiunea Veyrier (Haute-Savoie). Au urmat apoi renumitele descoperiri făcute de Brouillet în peștera Chaffaud (1834), de E. Lartet în peștera La Madeleine (1864), ale lui Christy, Piette și atîția alții care au găsit numeroase obiecte, dintre care unele erau împodobite cu desene geometrice, în timp ce altele figurau o bună parte a faunei acelor vremuri, începînd cu gravura reprezentînd un ren păscînd, din Kesserloch, de la Thaingen (Elveția) pînă la caii sculptați descoperiți de Piette la Mas-d'Azil. Mai mult, în peșterile de la Grimaldi (1883—1895) și în cea de la Brassempouy (Landes, 1892—1897), s-au descoperit statuete reprezentînd femei. Cu toate că vîrsta acestor statuete a fost pusă la îndoială, S. Reinach a prezentat una dintre ele la Muzeul Saint-Germain și a publicat o descriere a ei (1893).

Descoperiri și mai neașteptate s-au făcut în peșterile adînci, unde au fost recunoscute animale pictate sau gravate pe pereți și pe bolte. La început în Spania, unde, în 1879, Don Marcelino de Sautuola a observat animale pictate pe bolta peșterii Altamira (provincia Santander). El și-a publicat descoperirea în anul următor, împreună cu 25 de figuri în culori (*Breves apuntes sobre algunos objetos prehistoricos de la provincia de Santander*, Santander, 1880), dar acest document senzațional a fost imediat contestat. La fel s-a întîmplat cu gravurile din peștera Chabot (Var), semnalate în 1879 de Chiron. În 1895, E. Rivière a observat, la rîndul său, desene gravate pe pereții peșterii La Mouthe (Dordogne), în timp ce Daleau publica, în 1897, reproduceri după gravurile din peștera Pair-non-Pair (Gironde).

Autenticitatea picturilor și gravurilor reprezentînd reni, bizoni, mamuți, cai etc. a fost recunoscută abia atunci cînd s-a constatat că vîrsta lor era confirmată, fie de depozitele vechi care le-au voalat partea de jos, fie de stratul subțire stalagmitic care le acoperă pe boltă și pe pereți. Aceste descoperiri permiteau o primă privire asupra originilor artei, și furnizau în același timp informații prețioase referitoare la fauna contemporană artiștilor preistorici.

Dar abia în secolul al XX-lea diversele date geologice, paleontologice, arheologice, artistice vor fi puse integral în valoare și vor permite înțelegerea originii și evoluției omenirii.

Cartea a treia
ŞTIINŢELE MEDICALE

Secol de cercetări şi de descoperiri ştiinţifice, secolul al XIX-lea medical luptă împotriva rutinei şi a spiritului de sistem. O frază a lui Royer-Collard (1818) simbolizează aceste tendinţe: „Se face apel la toate adevărurile; se resping toate erorile; se semnalează toate punctele obscure".

A. PERIOADA CONSTRUCTORILOR

Momentul cînd Fourcroy obţine din partea Convenţiei, la 7 şi la 14 frimaire, an III (28 nov. şi 4 dec. 1794), crearea şcolilor centrale din Paris, din Montpellier şi din Strasbourg, sacrificate la 18 august 1792, marchează începutul secolului al XIX-lea. Se caută atunci în grabă profesori care să instruiască tineretul studios, precum şi pe cei mai în vîrstă, care afluează către studiile medicale. Elanul extraordinar al acestor neofiţi suscită crearea „Societăţii medicale de emulaţie", care inaugurează seria grupărilor animate de pasiunea pentru ştiinţă şi artă — fundate de Bichat, Larrey şi Alibert (prairial, anul IV). „Ştiinţele zise secundare devin esenţiale; medicina le-a cucerit", spune Bichat, şi societatea „merge invariabil pe linia experienţei şi a observaţiei".

1. Conducătorii

CABANIS. P.J.G. Cabanis (1757—1808) este emulul reprezentativ prin excelenţă. El vrea să distrugă sistemele care, deşi seducătoare în aparenţă, duc în mod inevitabil la dezastre. Practicînd o medicină socială, el încearcă să obţină, în spital, o igienă bine înţeleasă, o alimentaţie substanţială şi— pentru bolnavii care ies vindecaţi ori ameliorati — un loc de muncă sau mijloace de trai.

BICHAT. Cu Xavier Bichat (1771—1802), îşi face apariţia un alt aspect al omului nou.

„Toate ţările din Europa, scrie d-ra Genty, au avut pînă atunci anatomişti, fiziologi şi medici iluştri; unui francez i-a fost rezervat să creeze o ştiinţă nouă, anatomia generală, şi să fundamenteze clinica pe baze biologice".

În lucrarea sa *Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine*, care apare în 1801, el distinge 21 de varietăţi de ţesuturi[1]:

„Celular, nervos al vieţii organice, arterial, venos, cel al exhalanţilor, cel al absorbanţilor şi al glandelor lor, osos, medular, cartilaginos, fibros, fibro-cartilaginos, muscular al vieţii animale, muscular al vieţii organice, mucos, seros, sinovial, glandular-dermoid, epidermoid, pilos".

Cele două lucrări neterminate, *Anatomie descriptive* şi *Anatomie pathologique*, nu vor fi ignorate nici de Dupuytren, nici de Laennec; în opera sa, *Recherches physiologiques sur la vie et la mort* (1790, 1800, 1805, 1855), el opune viaţa organică vieţii animale.

PINEL. Philippe Pinel (1745—1826) atrage atenţia prin reforma pe care a introdus-o în regimul alienaţilor şi prin lucrările sale iniţiatoare. În 1793, la spitalul din Bicêtre, Pinel suprimă „utilizarea gotică a lanţurilor din fier..., invenţie admirabilă pentru a perpetua furia maniacilor, în starea lor de detenţie", şi realizează aceeaşi reformă, cu deplin succes, la spitalul la Salpêtrière. Lucrarea sa, *Nosographie philosophique* (1798), sintetizează toată filozofia contemporană, precum şi observaţiile culese în serviciul său de către elevii săi, comentate de maestru şi puse la punct de „cetăţeanul Esquirol". El înlătură cunoştinţele vagi, întemeiază adevărata medicină pe observaţie, creează condiţii ca bonlavii să poată beneficia de toate progresele realizate de ştiinţele auxiliare. El se inspiră din Locke, Condillac, d'Alembert, Buffon, Zimmermann, şi preferă îndoiala carteziană spiritului dogmatic. Astfel, serviciul adus de el medicinii a fost în primul rînd acela de a fi sădit în creierele medicale fermentul neliniştii. Cabanis şi Corvisart i-au reproşat faptul de a se fi inspirat din clasificarea botanică pentru a grupa bolile.

Mai tîrziu, se va recunoaşte însă că orice clasificare nosologică prezintă o oarecare artificialitate, iar cea a lui Pinel are meritul de a fi fost prima încercare care ducea la *diagnosticul pozitiv şi diferenţial*, o creaţie a secolului al XIX-lea.

Fără îndoială, în *Nosographie philosophique*, de exemplu, distincţia dintre neurologie şi psihiatrie nu este clară: apoplexia se învecinează aici cu melancolia; dar opera sa, intitulată *Traité médico-philosophique sur l'aliénation mentale* (1801), se situează pe un plan superior. Chiar de la începutul acestei cărţi, cititorul este prevenit: „Este zadarnic să pătrundă aici cel ce nu este înzestrat cu o judecată temeinică şi cu o dorinţă arzătoare de a învăţa". Pinel respinge orice discuţie metafizică şi „tot ceea ce se înţelege în societate prin delir, extravaganţă, rătăcire, nebunie". El defineşte în cîteva cuvinte cele patru feluri de boli mintale pe care le-a deosebit:

„Un delir, mai mult sau mai puţin accentuat la aproape toţi obiecţii, se asociază, la mulţi alienaţi, cu o stare de agitaţie şi furie: ceea ce constituie propriu-zis *mania*. Delirul poate fi exclusiv sau limitat — la o anumită serie de obiecţi — la un fel de stupoare şi la stări afective vii şi profunde: este ceea ce se numeşte *melancolie*. În unele cazuri, o debilitate generală atinge funcţiile intelectuale şi afective, ca la bătrîneţe, şi formează ceea ce se numeşte *demenţă*. În sfîrşit, o obliterare a raţiunii, cu momente repezi şi automate de mînie, este desemnată cu numele de *idiotism*".

[1] A se vedea, în această privinţă, şi studiul M. Caullery şi J.F. Leroy (pp. 407—408).

BAYLE. Dar tocmai pe Pinel îl vizează Gaspard-Laurent Bayle (1774—1816) cînd critică pe medicii care nu admit diagnosticul ftiziei dacă bolnavul nu este nici slăbit, nici febril; şi el exprimă pentru prima dată tendinţa de a studia tuberculoza pulmonară în manifestările sale iniţiale.

„Această manieră de a considera ftizia, scrie el, este tot atît de ridicolă ca şi cea a unui naturalist care, văzînd un cîine tînăr, ar refuza să-l denumească ca atare, pentru că nu prezintă încă toate caracterele sale generale şi specifice".

Bayle a fost primul care a auscultat bolnavii, şi dacă nu a elaborat nimic pe baza auscultaţiei, cel puţin i-a transmis lui Laennec acest procedeu de explorare. De asemenea, el amorsează numerismul lui Louis, cînd face această observaţie: „Se va ajunge la caracterizarea speciei, atunci cînd se va acorda mai puţină atenţie multiplicităţii şi gravităţii simptomelor decît constanţei lor. Bayle publică *Remarques sur les tubercules* (1801), *Recherches sur la phtisie* (1810—1812), *Vues théoretiques et practiques sur le cancer*, descrie edemul glotei, granulaţia miliară şi, după Auenbrugger şi Corvisart, ia în studiu cancerul plămînului.

ALIBERT ŞI DERMATOLOGIA. Jean Alibert (1766—1837), creatorul învăţămîntului dermatologic, publică, din 1806 şi pînă în 1814, *Description des maladies de la peau*. Deşi cartea este bine primită, tabloul dermatozelor conceput de el a fost pe bună dreptate criticat, deoarece nu lua în considerare bolile decît sub aspectul lor exterior, fără a ţine seamă de suferinţele pacienţilor şi de tulburările care apar la nivelul organelor.

CORVISART. Contribuţia lui Jean-Nicollas Corvisart (1755—1821) la mişcarea medicală contemporană este triplă: educarea simţurilor, introducerea şi extinderea percuţiei, noţiuni noi în domeniul bolilor de inimă. Exagerînd importanţa educaţiei simţurilor, el adaugă la studiul simptomelor exigenţa semnelor, singurele obiective care fac observaţia inatacabilă. De aici derivă percuţia. Această metodă a fost descrisă, în 1763, de medicul vienez Leopold Auenbrugger (1722—1809), într-un opuscul care nu a atras, în Austria, decît atenţia lui Van Swieten şi a lui Stoll. Corvisart a cunoscut-o prin intermediul traducerii franceze, mediocre, publicată în 1770, de Rozière de la Chassagne. Apreciind valoarea procedeului, el îl aplică, îl verifică şi îi lărgeşte cîmpul de acţiune.

Lui Auenbrugger i se datorează compararea epanşamentului lichid cu butoiul, al cărui sunet, la percuţie, devine mai înăbuşit pe măsură ce el se umple; lui Corvisart i se datorează observaţia că, în pleurezie, sunetul se modifică rar în primele zile şi că anomalia se constată făcîndu-l pe bolnav să-şi schimbe poziţia; că în pneumonie schimbarea este mai rapidă, şi că în astmul nervos toracele răsună foarte bine, chiar în cursul celor mai violente accese.

Corvisart se străduieşte să consulte bolnavii cu ajutorul percuţiei imediate, pe care o aplică la studierea bolilor de inimă. De acum înainte, variantele se

succed: percuţia mediată printr-o mică placă circulară de fildeş, sau procedeul cel mai simplu şi cel mai durabil, prin interpunerea degetului însuşi. Publicarea celei de-a doua cărţi a lui Corvisart, *Essai sur les maladies et les lésions organiques du coeur* (1806), este de asemenea un mare eveniment. Constatînd influenţa cauzelor sociale şi morale, Corvisart susţine că leziunile organice ale inimii au fost „mai frecvente în timpul Revoluţiei decît în perioadele liniştite, ale ordinii sociale". În acest tratat, împărţit în cinci clase de boli, se revelează precursorul în cardiologie: dilatarea cavităţilor din partea dreaptă se exprimă prin regularitatea pulsului, hemoptizie, faţa violetă, aproape tuciurie; dilatarea auriculului stîng coincide cu îngustarea valvulei mitrale; boala albastră este legată de o malformaţie cardiacă; ruptura inimii provoacă palpitaţii cu îngreuierea braţului stîng, o mare slăbiciune, o paloare extremă etc.

CHOMEL, DOUBLE ŞI SEMIOLOGIA. *Pathologie générale* a lui Chomel (1788—1858) constituie prima încercare de a înălţa această ramură a ştiinţei medicale deasupra celorlalte (1817). Ea îmbrăţişează, în ansamblu, toate bolile într-un acelaşi cadru, „în care se văd, scrie Chomel, punctele de contact dintre ele, precum şi legăturile ce le unesc". Plecînd de la semiologia schiţată în această lucrare, Landré-Beaubais (1808), Double (din 1811 pînă în 1822) au încercat să formuleze unele definiţii clare, fără a reuşi totuşi. Timp îndelungat, ei au căutat modul de a defini simptomele (fenomenele subiective ale bolilor) şi semnele (fenomenele obiective). Double a avut ideea fericită de a reaminti punctul de vedere al lui Zimmermann: „Trebuie ca simptomul să poată fi perceput de simţuri; boala nu se dezvăluie prin raţionament; tot aşa, se pot foarte bine recunoaşte toate simptomele unei boli, fără a avea nici o idee despre semnele care sînt consecinţa lor". Bolnavul este văzut în picioare, mergînd, în timpul odihnei, culcat şi şezînd, în stare de somn şi de veghe. Sînt notate diversele colorаţii ale pielii; luarea pulsului este practicată într-un mod solemn: el este calificat ca fiind accelerat, încetinit, redus, rar şi slab, cadenţat. Termometria nu este considerată ca necesară; starea febrilă nu este apreciată decît prin impresia tactilă şi prin senzaţiile bolnavului. În 1817, Double semnalează o metodă nouă care „constă în a aplica o ureche exact în dreptul regiunii inimii"; el afirmă că practicienii „vor căpăta în acest fel instrucţiunile cele mai fecunde".

LAENNEC ŞI AUSCULTAŢIA. Double este urmat la puţin timp de Théophile Laennec (1781—1826) care publică, în 1819, cartea sa *Auscultation médiate*. Procedeul informează asupra mişcării respiratorii şi a bătăilor inimii. Pentru a nu aplica urechea pe pieptul bolnavului, Laennec inventează stetoscopul care serveşte drept intermediar. Astfel, este creată auscultaţia mediată, care este opusă auscultaţiei directe, practicată fără ezitare de mai mulţi contemporani. Laennec se dedică studiului îndelungat al zgomotului respirator şi al anomaliilor lui. Antrenat de subiectul său, el nu a recunoscut însemnătatea palpării, şi Reynaud (1829) este cel care a notat diminuarea sau dispariţia vibraţiilor toracice în pleurezie. A doua parte a tratatului lui Laennec este rezervată studiului bolilor de plămîni şi de inimă; el insistă mai ales asupra ftiziei,

pe care nu o crede contagioasă, dar a cărei victimă va fi el însuşi. Descoperirea auscultaţiei a fost bine primită, deşi uneori cu anumite rezerve, de către Berentz (din Berlin), Nasse (din Bonn), Soemmering (din Frankfurt), Duncan (din Edinburgh), Skoda (din Viena), al cărui *Traité de la percussion et de l'auscultation* (Viena, 1839; trad. fr.1854) a rămas clasic. Lucrarea lui Laennec a fost tradusă în limba engleză de J. Forbes (1834). În Franţa, Bertin şi Bouillard, Louis, Lerminier şi Andral au fost printre primii adepţi ai auscultaţiei; Andral, Fournet nu au ezitat să-l critice pe Laennec. Fournet (1839), în special, s-a ocupat de cercetarea ftiziei incipiente, inaugurînd un studiu stetoacustic, care va fi continuat timp de un secol. Barth şi Roger (1841) recunosc că „stetoscopul este deseori deficitar". Dar Lejumeau de Kergaradec, în 1822, se străduieşte să cerceteze bătăile inimii fetusului prin peretele abdominal, semnalate în 1818 de Mayor din Geneva, şi publică, în 1812, primul studiu asupra serviciilor pe care le aduce auscultarea inimii copilului în timpul sarcinii.

SISTEMUL LUI BROUSSAIS. Nici o lucrare de istoria medicinii nu poate să-l ignore pe dogmaticul Broussais (1772—1838). „Dacă există în sistemul său, uneori, o idee justă, scrie Bouchut în 1873, ea este curînd denaturată în asemenea măsură datorită exagerărilor maestrului şi elevilor săi, încît devine de nerecunoscut". După Broussais, orice febră provine de la gastrită; terapeutica pe care o preconizează el, cu cîteva rezerve, constă, în general, din trei indicaţii (dieta, purgativele şi aplicarea de lipitori) şi ea a provocat nenumărate dezastre. Din fericire, teoriile sale au suscitat reacţii vii ale spiritelor libere, dar ele au avut şi adepţi care le-au apărat cu încăpăţînare.

ITARD ŞI BRETONNEAU. Meritul lui Gaspard Itard (1774—1838) este triplu: el a descris pneumotoraxul spontan (1804); observarea unui tînăr eunuc i-a asigurat paternitatea endocrinologiei (1799—1800) şi lucrarea sa *Traité des maladies de l'oreille et de l'audition* (1821) este prima de acest fel.

Pierre Bretonneau (1778—1862), al cărui spirit rectifica neîncetat ipotezele, a practicat mai mult şi a acţionat, decît a publicat. În cursul unei epidemii de crup, el a stabilit caracterele anginelor cu false membrane, pe care le-a grupat sub numele de difterite (1826); el grupează, de asemenea, cazurile de febră evoluînd în mai multe faze, cu prezenţa de leziuni intestinale, sub numele de „dothiénentérite"[2], ele datorîndu-se efectului unui agent specific. Această afecţiune, pe care Louis o va numi „febra tifoidă", a fost evidenţiată de Trousseau în 1826.

LOUIS ŞI NUMERISMUL. O dată cu Pierre-Ch.-A. Louis (1787—1872) începe aşa-numita medicină de observaţie, întemeiată pe metoda numerică. Lucrarea lui, *Recherches sur la phtisie* (1825, 1843), conţine 50 de fapte clinice şi anatomopatologice, prezentate după un plan uniform. Dacă Laennec era preocupat mai cu seamă de întinderea leziunilor, Louis insistă asupra propagării lor. În *Recherches sur la fièvre typhoide* (1829), Louis notează toate simptomele care,

[2] Apariţia unor leziuni pe intestin (butonoase), care în evoluţie se ulcerează.—*N.T.*

prin ansamblul lor, caracterizează boala. Această metodă exclude posibilitatea unor afirmații necontrolate și este în totală opoziție cu ideile lui Broussais, pe care Louis îl combate cu violență și pe bună dreptate, în *Recherches sur la saignée* (1828), *l'Examen de l'examen de M. Broussais* (1834). Influența acestei perioade este atît de mare, încît trei studenți din Geneva fundează la Paris „Societatea medicală de observație" (1832), în scopul de a-i opune pe discipolii maestrului adversarilor în delir, care nu admiteau, după cum spune W. S. Jevole (citat de R.H. Shryock), „că precizia numerică ar fi însuși sufletul științei".

ANDRAL ȘI CRUVEILHIER. Gabriel Andral (1797—1876) a înzestrat știința cu cîteva lucrări importante: un *Précis d'anatomie pathologique* (1829), un *Essai d'hématologie pathologique* (1843) și cu 4 volume din *Clinique médicale* (cu Lerminier, 1823—1827). În *Atlas d'anatomie pathologique*, pe care l-a editat în 1822, Jean Cruveilhier (1791—1874) distinge, printre altele, ulcerul stomacal de cancer, dar, ca discipol al lui Broussais, el tratează chiar vomitările cu sînge prin aplicarea de lipitori. Contribuțiile sale la studiul flebitelor, al ficatului granulos, al rupturii inimii, al apoplexiei și al gangrenei pulmonare au rămas celebre.

RICHARD BRIGHT ȘI BOLILE DE RINICHI. Opera lui Richard Bright (1789—1858), edificată la Guy's Hospital din Londra, îi leagă numele de ansamblul accidentelor legate de bolile cronice ale rinichilor. Memoriul său din 1827 reunește albuminuria, anasarca[3], leziunile renale; acestea sînt prezentate sub diverse aspecte. Întrucît „el considera în paralel îmbolnăvirea și leziunea" (Lasègue), a putut constata, împreună cu discipolul său Christison, acumularea ureei în sîngele bolnavilor de nefrită. *Traité des maladies des reins* (1839), al lui P. Rayer, atît de bogat în opinii și fapte, este prima lucrare franceză asupra subiectului inaugurat de Bright. Contribuția sa personală se referă la examinarea microscopică a urinelor, descrierea rinichiului mobil și a nefritei postscarlatinoase.

GRISOLLE, R.J. GRAVES ȘI INFLUENȚA LOR. Influența anumitor oameni este determinată de importanța manualelor pe care le-au publicat. Astfel, A. Grisolle (1811—1869) este cunoscut prin lucrările sale *Traité de la pneumonie* (1841) și *Traité élémentaire de pathologie interne* (1844), care au apărut în numeroase ediții. Robert-James Graves (1796—1853) din Dublin, căruia i se datorează o descriere remarcabilă a gușei exoftalmice (1835), a fost cel mai eminent reprezentant al medicinii irlandeze în secolul al XIX-lea. Fiind un animator al dezvoltării învățămîntului medical din Dublin, el a publicat totodată *A System of clinical Medicine* (1843) și *Clinical Lectures on the Practice of Medicine* (1848), a căror influență a fost considerabilă, în special în Franța, unde Bretonneau, Trousseau și Charcot au apreciat în mod deosebit opera lui Graves.

[3] Anasarca (grec. *ana* = prin, și *sarx* = carne) este edemul generalizat în tot corpul. — *C.M.*

2. Dezvoltarea ştiinţei medicale

TERMOMETRIA CLINICĂ. De la cercetările lui A. de Haen la Viena (1759), termometria clinică a fost neglijată. Înşişi numeriştii nu apreciau febra decît prin atingerea pielii. O reacţie împotriva acestei omisiuni începe cu Andral, care iniţiază în serviciul său spitalicesc studii asupra temperaturii bolnavilor. Prima lucrare care decurge din aceste cercetări (1839, scrisă împreună cu Gavarret) se referă la şase cazuri de febră intermitentă.

CHIRURGIA. „Pînă în 1850, scrie P. Lecène, chirurgia nu se deosebeşte decît prin unele detalii de cea care era atît de avansată la sfîrşitul secolului al XVIII-lea". În persoana lui Dupuytren, care a fost atît de admirat de contemporanii săi, Lecène nu vede decît un chirurg dornic să dea artei sale o bază anatomopatologică. Ginecologia s-ar fi dezvoltat sub influenţa lui Récamier (1774—1852), dacă atîtea erori nu i-ar fi obligat atunci pe chirurgi la o vădită rezervă. Dominique Larrey (1776—1852), creator al ambulanţelor mobile, şi Percy (1754—1825) rivalizează în îndemînare pe cîmpurile de luptă. Tehnici noi sînt inventate: dezarticularea parţială a piciorului (Lisfranc, 1814), corectarea piciorului diform (Delpech, 1816), restaurarea vălului palatului şi a perineului (Lambert, 1826), dizolvarea calculilor biliari (Civiale, 1830), anusul artificial (Amussat, 1835). În 1835, Aran demonstrează că fracturile boltei craniene ating în mod obişnuit şi baza craniului.

În Anglia străluceşte numele lui Astley Cooper (1768—1841) care tratează herniile şi reuşeşte ligaturile marilor artere; în America, E. McDowell extirpă, în 1809, un chist al ovarului; în Germania, Stromeyer, apoi Dieffenbach extind metoda tenotomiei[4] în tratamentul strabismului, difuzînd această tehnică în Europa. Tratatul de chirurgia articulaţiilor al lui sir James Brodie (1818) şi tratatul de fracturi şi luxaţii al lui Malgaigne (1847) cîştigă un larg renume.

ANESTEZIA GENERALĂ. Începe prin aplicarea protoxidului de azot la extracţiile dentare, de către Horace Wells, pe care un caz fatal l-a determinat să fie prudent pînă la totală abţinere; dar ideea era prea frumoasă pentru a nu fi preluată de nimeni. W.T.G. Morton, sfătuit de Jackson, obţine unele succese înlocuind gazul ilariant cu eter clorhidric, apoi cu eter sulfuric, folosit încă din 1842 de Long. El a reuşit să cîştige adeziunea chirurgului Warren, ale cărui prime încercări datează din 1846. Cîteva luni mai tîrziu, în Anglia, Liston utilizează eterizarea în vederea efectuării unei amputări de coapsă; în 1847, Simpson o foloseşte în obstetrică; la Paris, Jobert de Lamballe este primul care recurge la ea, iar în Rusia o practică Pirogov[5]. Cloroformul, descoperit în mod independent de francezul Soubeiran (1831), de germanul Liebig

[4] De la grecescul *tenon* = tendon şi *tomeo—tomo* = a tăia. Deci tenotomie = operaţia de tăiere a tendoanelor.—*C.M.*

[5] N.I. Pirogov (1810—1881), celebrul chirurg rus, utiliza anestezia în operaţiile pe care le făcea. De asemenea, el a emis ideea unei organizaţii internaţionale pentru ajutorul răniţilor de război (v. G. BARBU, *Carol Davila şi timpul său*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1958, p. 287).—*C.M.*

(1832) şi de americanul S. Guthrie (1832), i-a împărţit pe chirurgii care proslăveau eterul înainte de încercările lui Simpson în Anglia, ale lui Malgaigne în Franţa. „Anestezia, afirmă Rochard, detronase chirurgia prestidigitatoare; bătrînii chirurgi nu se puteau consola".

INFECŢIA PUERPERALĂ. O luptă foarte susţinută începe să se desfăşoare împotriva ei. În Austria, această luptă este dusă de Semmelweis (1818—1865), cu o tenacitate care îi va zdrobi forţele, iar în America, de Oliver Wendell Holmes (1809—1894), care îşi va vedea ideile triumfînd.

BOLILE VENERICE. În 1838, Philippe Ricord îi dă dreptate lui Hernandez, care afirmase (1810) că gonoreea are totdeauna ca efect o gonoree şi niciodată un şancru şi îl contrazice pe Wallace, care credea că a reuşit să stabilească caracterul contagios al accidentelor secundare în îmbolnăvirile de sifilis. Începînd din 1811, Lagneau admite că fetusul este infectat de mama sifilitică; în 1837, Colles din Londra face următoarea observaţie: „Nu am auzit niciodată ca un copil eredosifilitic[6] să fi provocat o ulceraţie pe sînul mamei sale"; în 1840, Baumès exprimă aceeaşi idee, pe care Diday (1854) o denumeşte „legea lui Colles-Baumès".

VACCINAREA ŞI BOLILE INFECŢIOASE. Începînd din anul 1800, vaccinarea antivariolică este introdusă în Franţa de către ducele de la Rochefoucauld-Liancourt, pătrunzînd şi în restul Europei. Prost (1804) sugerează că febrele ataxice sînt în legătură cu unele leziuni ale mucoasei intestinale. Petit şi Serres (*Traité de la fièvre entéro-mésentérique*, 1813) ar putea trece drept precursori ai lui Bretonneau şi Louis, dacă nu s-ar fi gîndit să descopere o boală nouă mai curînd decît să le explice pe acelea care, încă insuficient cunoscute, se ascundeau sub o infinitate de denumiri. În 1825, Giovanni Rossi localizează virusul turbării în ţesutul nervos. În 1834, Maillot, luptînd împotriva paludismului, în Algeria, cu ajutorul sulfatului de chinină, reduce mortalitatea de la 23 la 3%. În acelaşi an, Jean Hameau scrie în *Études sur les virus*:

[6] Mulţi vorbesc de eredosifilis, crezînd că sifilisul este o boală ereditară. În realitate, sifilisul este o boală congenitală, nelegat de nici un cromozom, cum sînt, de exemplu, daltonismul, hemofilia ş.a. Sifilisul este pur şi simplu o infecţie: agentul bolii, *Treponema palida*, poate trece prin placentă de la mama sifilitică la fetus. Tatăl sifilitic nu poate transmite urmaşilor săi această boală dacă mama e sănătoasă. Tuberculoza, de asemenea, nu se poate transmite de la mamă la fetus, nu intră în cadrul eredităţii patologice. Cel mult, se crede că s-ar transmite un teren mai receptiv.

Pentru mai multe detalii, am putea recomanda următoarele cărţi: M. ARON şi P. GRASSÉ, *Précis de biologie animale*, pp. 204—208 (Edit. Masson de Cie, Paris 1930), RICHARD GOLDSCHMIDT: *Die Lehre von der Vererbung* (Edit. Julius Springer, Berlin, 1929, pp. 146—153, fig. 43 şi 44). O carte şi mai documentată, din care se pot lua cele mai numeroase exemple de ereditate patologică, este fără îndoială *La Vie* (Libr. Larousse, Paris, 1962), de JEAN ROSTAND şi ANDRÉE TETRY. Printre bolile ereditare menţionate, găsim — pe lîngă daltonism (pp. 76 şi 310), hemofilie (pp. 5 şi 308) — şi următoarele: albinismul (pp. 313 şi 435), acheiropodia (pp. 174, 335), care constă în lipsa mîinilor şi a picioarelor (fig. 334), achondroplasia (p. 335) sau nanismul (reducerea taliei şi a membrelor) ş.a. — *C.M.*

„Bolile virulente ar trebui să aibă un principiu de viață, deoarece ele acționează ca niște insecte parazite[7]".

NEUROLOGIE. G. Vieusseux din Geneva descrie, cu prilejul unei epidemii (1805), meningita cerebro-spinală și, pe măsură ce observațiile se succed și se precizează trăsăturile bolii, flagelul poate fi urmărit, din oraș în oraș, în deplasările unui regiment (C. Broussais, 1844).

În 1810, Bouteille emite, primul, ideea înrudirii dintre coreea Sydenham și reumatismul articular acut. Plecînd de la serii de cifre, Bouillaud reușește să desprindă legile de coincidență ale complicațiilor cardiace provocate de reumatismul articular acut (1832—1835).

În 1817, la Londra, Parkinson evidențiază paralizia însoțită de tremurături; în 1819, Serres se dedică studierii hemoragiilor meningiene, iar în 1824, evidențiază epilepsia parțială. Începînd din 1813 și pînă în 1833, Rochoux studiază apoplexia cerebrală cu un debut brusc prin comă; Rostan pune pe seama ramolismentului cerebral paraliziile cu debut lent și care evoluează spre coma terminală (1819). În 1822, Bayle-nepotul arată că alienarea este uneori simptomul unei inflamări cronice a arahnoidei; astfel apare afecțiunea care va căpăta denumirea de paralizie generală progresivă.

Charles Bell (1774—1842) se consacră studierii paraliziei faciale (1821). Bouillaud plasează centrul vorbirii în lobii anteriori ai creierului (1823). Ollivier creează termenul de siringomielie și insistă asupra hematomieliei și mielitelor acute. Pinel-fiul a făcut cunoscută, în 1835, prima descriere a sclerozei cerebrale, iar în 1835, Carswell (din Londra) opune ramolismentul cerebral inflamator celui cauzat prin obliterare arterială. Un an mai tîrziu, Marc Dax arată că dificultățile în exprimarea ideilor și tulburările de vorbire nu se manifestă decît în hemiplegia dreaptă, ca urmare a leziunilor din emisfera stîngă. Semnalăm, în sfîrșit, că Valleix studiază nevralgia cervico-brahială și fixează punctele sensibile de emergență ale nervilor (*Traité des névralgies*, 1841).

PSIHIATRIE. Brierre de Boismont reunește elementele nebuniei determinate de beție (1832); Esquirol studiază ipohondria care, prin originea sa viscerală, domină psihiatria (1839); Marc examinează demența sub aspectul raporturilor sale cu justiția (1840); Georget, Delange și, mai cu seamă, Calmeil (1845) descriu simptomele cardinale și leziunile în arahnoidita cronică a lui Bayle.

În Germania, Griesinger este autorul unui important tratat de patologie și de terapeutică a bolilor mintale (1845).

INIMĂ ȘI VASE. Spre anul 1824, Collin semnalează, ca un simptom specific pericarditei acute, incipiente, zgomotul de „piele" nouă, de frecătură, care scăpase sagacității lui Laennec; și, cînd epanșarea este constituită, Louis semnalează, de asemenea, îndepărtarea zgomotelor inimii. Dance (1829) își aduce contribuția la studierea flebitei uterine, „obscură în simptomele sale, insidioasă în evoluția sa, fertilă în complicații". Memoriul lui Bizot referitor

[7] A se vedea, în legătură cu acest subiect, și studiul lui M. Caullery (pp. 458—460).

la dimensiunile inimii (1834) a fost foarte apreciat; în 1836, Beau numeşte „asistolie" ultima etapă a afecţiunilor cardiace. În Anglia, Hodgson studiază, începînd din 1815, anevrismele aortice şi descrie, în 1827, insuficienţa aortică, în care Corrigan (1832) va recunoaşte „pulsul arterelor neumplute", cu salturi şi foarte slab. Hope (1832) insistă asupra tulburărilor funcţionale legate de insuficienţa miocardică (edem, dispnee).

APARATUL RESPIRATOR. Baumès, din Montpellier, recunoaşte că tuberculoza este contagioasă în special de la mamă la copil (1805); în 1819, anul cînd Laennec îşi publică *Auscultation médiate*, Carson, din Liverpool, precursor al lui Forlanini, întrevede influenţa binefăcătoare a punerii în repaus a plămînului bolnav, prin introducerea de aer în spaţiul pleural; Stokes, din Dublin, observă că pneumotoraxul spontan poate avea o influenţă favorabilă asupra evoluţiei tuberculozei pulmonare (1826); Louis şi Jackson descriu emfizemul pulmonar (1833); Corrigan (1838) insistă asupra importanţei scleroze ţesutului conjunctiv în dilatarea bronhiilor; Legendre şi Bailly arată că inflamaţia bronhopulmonară au drept sechele degenerarea prin carnificare a ţesutului nobil al plămînului (1844); Woillez elaborează un studiu memorabil asupra congestiei pulmonare (1846).

PEDIATRIE. Vom semnala de la început *Traité des maladies des enfants nouveau-nés, et à la mamelle* (1828), al lui Billard, şi *Traité des maladies de l'enfance* (1843), al lui Barthez şi Rilliet, care înglobează pediatria de la finele primului an şi pînă la pubertate. Printre cercetările cele mai importante referitoare la bolile copilului figurează opunerea holerei infantile holerei asiatice (Parrish, S.U.A., 1820), observarea în cursul unei epidemii a unei boli căreia Chomel îi dă numele de acrodinie. J. Guérin afirmă că rahitismul începe prin fenomene generale, şi nu prin deformări ale oaselor (1837); Gruère atrage atenţia asupra maladiei vomitărilor periodice (1840); Ch. Robin atribuie apariţia muguetului dezvoltării unei ciuperci, *Oidium* (*Candida*) *albicans* (1842). Virchow izolează leucemia (limfadenia leucemică, 1845). Lobstein desemnează cu numele de osteopsatiroză fragilitatea osoasă congenitală (1825).

CANCEROLOGIE. Lobstein distinge tumorile homomorfe şi heteromorfe (1825), iar în 1838, marele fiziolog german Johannes Müller formulează legea capitală: ţesutul care formează tumoarea îşi are prototipul într-un ţesut normal sau embrionar.

DERMATOLOGIE. De la începutul secolului, clasificarea dermatozelor elaborată de medicul englez Willan, între 1798 şi 1812, este urmată de cea a lui Alibert, apoi de cea a lui Rayer (Paris, 1835) şi a lui Hebra (Viena, 1845). În 1829, Jean Hameau descrie pelagra şi o atribuie consumului de cereale alterate[8].

[8] În secolul al XIX-lea, la noi s-a ocupat de pelagră mai ales dr. Victor Babeş. — *C.M.*

FICATUL. O dată cu G.L. Bayle, începe istoria cancerului la ficat. Laennec, Bright, Bouillaud încep studiul cirozelor; Andral (1834), Cruveilhier, Becquerel (1840) recunosc alterările ficatului cauzate de sifilis. La aceste achiziţii ştiinţifice au contribuit, de asemenea, Abercrombie, Hope, Carswell în Anglia, Dittrich, von Oppolzer în Germania.

OFTALMOLOGIE ŞI OTORINOLARINGOLOGIE. Dalton, de Manchester (1798), Thomas Young (1807) atrag atenţia asupra tulburărilor de percepţie a culorilor. A. Cooper practică, în 1832, prima paracenteză a timpanului; încă de la începutul secolului, se încearcă proiectarea unui fascicul luminos în laringe, pentru a se studia afecţiunile lui; înainte ca acest lucru să fie realizat, ftizia laringelui este identificată la Viena, de către Rokitansky (1846).

OBSTETRICĂ. Baudelocque (1746—1810) lasă moştenire opera sa de observare minuţioasă a naşterii normale; defectele de conformaţie a bazinului sînt în parte cunoscute (Naegele, 1839; Robert, 1842). La accesele de eclampsie[9], descrise anterior, Devillers şi Regnault adaugă aceste simptome care le fac de temut, edemele şi albuminuria. Inhalările de eter şi de cloroform intră în practica obstetricală foarte curînd după introducerea lor în terapeutică, datorată lui Simpson din Edinburgh.

HOMEOPATIE[10]. Această tehnică fiind expusă anterior (vol. II, p. 659), nu ar fi avut sens să revenim asupra ei dacă şederea lui Hahnemann la Paris (1835—1843) nu i-ar fi adus un renume deosebit. Trousseau şi Pidoux o apreciază în felul următor: „Homeopatia s-a situat în afara oricăror progrese ale medicinii moderne". Şi acestea nu pot fi nici subestimate, nici negate.

ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE. În Franţa, Antoine Portal (1742—1832) publică, în 1803, cursul său de anatomie în cinci volume. Charles-Louis Dumas (1765—1813) revizuieşte, în mod ingenios, terminologia musculară. Tratatele lui Bourgery, Malgaigne, P.A. Béclard, Cruveilhier, H.L. Roger, Velpeau sînt mult apreciate. Medicul german Gall (1758—1828), a cărui cranioscopie poate fi contestată, îşi ia în schimb o revanşă strălucită în anatomia sistemului nervos, distingînd ca atare substanţa cenuşie, matricea nervilor şi substanţa albă, conductoare a influxului nervos. La dezvoltarea anatomiei au cooperat Monro (Anglia), precum şi italienii Rolando şi Panizza; tot în Italia, Scarpa (1752—1832) aprofundează anatomia topografică prin studierea regiunilor herniare şi limitrofe; în Germania, F.G. Iacob Henle, discipol al lui Bichat, publică lucrarea *Allgemeine Anatomie* (1841) şi descoperă canaliculele renale şi celulele hepatice; Luschka îşi leagă numele de regiunea celiacă.

[9] Din gr. *eklampsia*, care înseamnă acces brusc, comparabil cu unul de epilepsie. Se observă la femeile însărcinate care au albuminurie (albumină în sînge).—*C.M.*

[10] În secolul al XIX-lea, la noi un propagator şi un practicant al homeopatiei a fost zoologul citolog D. Voinov.—*C.M.*

Un rapid tur de orizont în domeniul fiziologiei[11] permite distingerea unor nume, ca Berzelius, care pune în evidenţă prezenţa fierului în sînge (1807), Legallois, care localizează centrul respirator din bulb (1811), Charles Bell şi Magendie, care pun în lumină rolurile rădăcinilor anterioare şi respectiv posterioare ale nervilor rahidieni. Liebig studiază cele trei mari clase de alimente: grăsimile, albuminele şi hidraţii de carbon (1842); funcţiile ganglionilor cardiaci sînt elucidate de Remak (1844), Ludwig (1848), Bidder (1852). Fraţii Weber demonstrează că pneumogastricul este nervul moderator al inimii (1845). Cercetările asupra fiziologiei tubului digestiv sînt înlesnite prin observaţiile lui Beaumont, care studiază efectele unei fistule gastrice la un vînător canadian (1832).

TERAPEUTICA. Redactarea lucrării *Codex medicamentarius Gallicus* este hotărîtă în anul XI (este vorba de calendarul introdus după Revoluţia din 1789, — *N.T.*); prima ediţie vede lumina tiparului în 1816, a doua în 1837, întrucît, afirmă prefaţatorul, „nimic nu se învecheşte mai repede ca farmacopeea". Perimarea ei este în funcţie de medicamentele noi care îi amplifică sau îi modifică domeniul. Din sarea de opiu a lui Derosne (1803), Sertürner extrage morfina (1817); Pelletier[12] şi Caventou prepară chinina (1820); apoi atropina (Mein, 1831), codeina (Robiquet, 1832), o formă a digitalinei (Homolle şi Quevenne, 1844), se obţin în laboratoare; şi alte descoperiri datează din această epocă: iodul (Courtois, 1811), iodoformul (Serullas, 1822), cloroformul (Soubeiran, 1831), cloralul (Liebig, 1832), fenolul (Runge, 1834), pepsina (Schwann, 1834). Între descoperirea acestor substanţe şi folosirea lor practică se scurge un timp de meditaţie. Acesta cere părăsirea sîngerărilor sistematice, a prescripţiilor stereotipe. Eclectismul lui Andral se clatină, iar Bretonneau părăseşte mai categoric practicile anterioare, face încercări experimentale şi îşi permite să alimenteze pe bolnavii de tifos cu apă de var amestecată cu lapte cald şi îndulcit. În tratatul lor (1836—1837), Trousseau şi Pidoux informează pe larg asupra practicilor din acea epocă. Medicamentele lor preferate sînt fierul şi taninul; ei prescriu fricţiuni cu mercur împotriva accidentelor primare ale sifilisului şi reumatismului articular acut; această medicaţie iritantă, care pentru a atenua leziunile precedente provoacă una nouă într-un al doilea focar, nu le displace; dacă sîngerările li se par uneori utile, ei le consideră tot atît de des contestabile. În bolile acute sînt indicate odihna, dieta, băuturile diluate, medicamentele emoliente, băile temperate. Opiul şi derivatele sale, antispasmodice, ca moscul, valeriana, soporificele, ocupă un loc de seamă printre medicamentele recomandate. Ei laudă, de asemenea, gudronul în catarele pulmonare, efectele sedative ale apei reci, aplicarea de gheaţă pe abdomenul bolnavilor de tifos, băile reci împotriva eclampsiei, acţiunea bismutului (proslăvit de Odier, din Geneva, în 1786) asupra bolilor de stomac, vomitărilor nefebrile şi ale copilăriei. Trousseau şi Pidoux sînt foarte rezervaţi

[11] Progresele fiziologiei animale sînt analizate de G. Canguilheim şi M. Caullery (pp. 480—494).

[12] Acestora li s-a ridicat la Paris o frumoasă statuie.—*C.M.*

în privința folosirii colchicinei, — recomandată împotriva gutei, în 1814, de către medicii englezi — și a utilizării camforului, cu toată propaganda susținută a lui Raspail; dar în afecțiunile organice ale inimii, ei recurg la digitalină, a cărei acțiune binefăcătoare nu era admisă de Laennec.

MEDICINA LEGALĂ. Inaugurată de Chaussier, Cabanis, Fodéré etc., medicina legală este exercitată, din 1819 pînă în 1823, de Orfila (1787—1853), specialist în toxicologie. Această din urmă știință constituie obiectul cercetărilor lui Rognetta la Pavia, ale lui Christison la Edinburgh. În Germania, Henke, Liman publică tratate de medicină legală; P. Frank a profesat această disciplină la Pavia, apoi la Viena.

MEDICINA SOCIALĂ. Se pare că Desgenettes (1762—1837), sfătuindu-l pe Bonaparte, în timpul expediției din Egipt (1798—1799), să-și intensifice acțiunile de ordin sanitar, ar fi inițiatorul medicinii sociale. În Anglia, o lege din 1802 limitează la 12 ore pe zi munca ucenicilor; Charles Turner Thackrah (1831) și Kay (1832) în Anglia, Max Cready la New York, Halfort în Germania se specializează în studierea bolilor profesionale; în 1832, W. Farr consideră mizeria drept „indexul de fier al bolii". *Tableau de l'état physique et moral des ouvriers* (1840), al lui Villermé, a avut un mare răsunet; grație eforturilor acestui medic, s-a realizat legea care reglementa munca copiilor în manufacturi, uzine, ateliere (1840). La 30 iunie 1838 apare legea franceză referitoare la internarea alienaților. În 1841, Louis cere organizarea unor anchete în toate mediile, pentru depistarea tuberculozei, în timp ce Rilliet și Barthez recomandă studierea condițiilor de viață ale copiilor bolnavi. Exemplul lui Pinel la Paris, ca și cel al lui Chiarugi la Florența, de a scoate din lanțuri alienații (1792—1795) nu au fost urmate în Anglia decît în 1837 (Charles Worth, Gardiner Hill, John Conolly); în Statele Unite, Dorothea Lynde Dix (1841), Tuke (1842) au încercat să amelioreze soarta alienaților și a prizonierilor.

B. PERIOADA ANATOMOCLINICĂ ȘI BIOLOGICĂ

Revoluția de la 1848 a marcat începutul unei ere noi. Spiritele libere resping filozofiile teologice și metafizice, impregnîndu-se cu pozitivismul lui Auguste Comte și întemeiază „Societatea de biologie". Această ultimă creație semnifică aportul biologic care transformă medicina anatomoclinică. Societatea de biologie a fost, de la începuturile ei, „un centru puternic de inițiativă, mai viu și mai liber decît academiile", scria M. Berthelot în 1866. Președintele societății este Rayer, iar vicepreședinți, Claude Bernard și Ch. Robin. Acesta din urmă proclamă:

„Studiind anatomia și clasificarea ființelor, noi avem ca scop să elucidăm mecanismul funcțiilor; studiind fiziologia, să ajungem la cunoașterea felului în care funcțiile se pot altera, precum și la limitarea acelora care pot devia de la starea normală".

1. Tendinţe directoare şi aspecte principale

CLAUDE BERNARD. Claude Bernard (1813—1878) este astrul acestei societăţi. Ţinînd seama de anumite condiţii, ce decurg din constatarea faptelor care se ridică în faţa cercetării şi a erudiţiei, el aseamănă observaţia medicală cu o experienţă, şi consideră că medicina este capabilă „să pătrundă în interiorul organismului şi să găsească mijlocul de a modifica şi de a regla, pînă la un anumit punct, resorturile ascunse ale materiei vii". Cercetările sale perseverente îi deschid calea prin studiile referitoare la sucul gastric, salivă, sucul pancreatic, asupra rolului ficatului în producerea căldurii animale şi funcţia glicogenică a acestuia. Fără a reveni asupra diverselor aspecte ale operei sale atît de bogate[13], vom mai cita doar lucrările referitoare la saturarea în zahăr a sîngelui prin înţepare într-un punct al bulbului rahidian, la funcţiile marelui simpatic vasomotor, la acţiunea stricninei şi a curarei asupra măduvei spinării, a oxidului de carbon asupra globulelor roşii etc.

RUDOLF VIRCHOW. Profesor de patologie la Universitatea din Würzburg, apoi la cea din Berlin, începînd din 1856, Rudolf Virchow (1821—1902) face parte din categoria savanţilor pe care un destin privilegiat îi expune criticilor vehemente ale contemporanilor lor şi la o mai bună înţelegere din partea generaţiilor viitoare. Ideile sale, prezentate în celebra lucrare *Die Cellularpathologie...* (Berlin, 1850, 1858), au fost expuse în Anglia de Senhouse Kirkes (1852), iar în Franţa de Ch. Lasègue (1857). Izvorîtă din citologia vegetală a lui Schleiden, descoperitor al nucleului celulei, din protoplasma lui Purkinje[14] şi din citologia animală a lui Schwann, patologia celulară — chiar dacă nu ar fi ajuns decît la această constatare că celulele canceroase diferă mai puţin de celulele normale prin structura lor decît prin comportamentul lor — reprezintă o mare realizare. „Teoria lui Müller, scrie Étienne May, trebuia să fie apărată victorios de compatriotul său Virchow..., care a determinat adoptarea ei definitivă". *Omnis cellula e cellula* a devenit o axiomă celebră. Enunţarea, chiar foarte sumară, a lucrărilor lui Virchow demonstrează vastitatea cercetărilor sale: obliterarea arterei pulmonare (1846—1847), leu-

[13] A se vedea, în legătură cu acest subiect, şi studiul lui G. Canguilhem şi M. Caullery (pp.483—485).

[14] Jan Evangelista Purkinje (1787—1869), profesor la Universitatea din Wroclaw şi apoi la Praga (1850), unde a şi murit, a fost unul din cei mai însemnaţi fiziologi. Este considerat ca întemeietorul fiziologiei experimentale şi al anatomiei comparate în Austria de care depindea pe timpul său Boemia. S-a remarcat prin descoperiri fundamentale în aceste domenii ale biologiei. Numele lui Purkinje a fost dat celulelor voluminoase din pătura cenuşie a creieraşului, fibrelor compuse din celule cubice observate la multe animale pe faţa internă a ventriculelor inimii, apoi veziculei germinative a oului de pasăre etc. Imaginile lui Purkinje sînt cele ale unei surse luminoase formate de suprafeţele reflectante ale ochiului, în număr de trei: prima formată de cornee, a doua de faţa anterioară a cristalinului, a treia de faţa posterioară a acestuia (v. *Enciclopedia Română*, Minerva, Cluj, 1930; A. FRANKLIN SHULL, GEORGE R. LARNE şi ALEXANDER G. RUTHVEN, *Principles of Animal Biology*, New York-London, 1920, p. 114, fig. 78; *C. Larousse du XX-e Siècle* şi *Dicţionarul enciclopedic român*, 3, 1965).—*C.M.*

cemia, arterita acută (1852), flogoza şi tromboza, embolia şi infecţiile (1846—1856). Dacă, potrivit părerii lui, trombozele venoase nu sînt secundare unor alterări vasculare decît în anumite cazuri, în schimb, această idee a fost susţinută de unul dintre discipolii săi, Zahn (1875). Astfel se stabileşte trecerea de la opinia lui Virchow la cea a lui Cruveilhier, care subordonează *phlegmatia alba dolens* inflamaţiei interioare a venei (1838). Oricum ar fi, embolia şi tromboza explicau accidente pînă atunci insuficient cunoscute. Tocmai în acest sens Bouchard (1902) a văzut în Virchow primul medic care a spus „acel cum..., succesiunea actelor morbide provocate de cauză".

Charcot, atribuind claudicaţia intermitentă[15] obstrucţiei arteriale, îl urma pe Virchow (1856); M. Raynaud, din contră, se ridică împotriva generalizării (1862): „Astăzi, scrie el, se poate spune că se cunoaşte cauza emboliei, şi nu mai rămîne decît ca ea să fie apărată împotriva propriilor sale excese", dar „există o varietate de gangrene spontane care afectează extremităţile; ele nu pot fi explicate printr-o obliterare" şi ţin de spasmul vascular.

VILLEMIN ŞI TROUSSEAU. Tendinţa „Claude Bernard" se afirmă în opera lui Villemin (1827—1892). Într-un laborator rudimentar din Val-de-Grâce, el caută să demonstreze că tuberculoza poate fi inoculată la animal, şi reuşeşte acest lucru (1865). Atunci, el adresează memorii Academiei de Medicină; acestea dau naştere, în anii 1867—1868, la o discuţie care se încheie prin confirmarea constatărilor, fără aprecieri asupra doctrinei. În *Études sur la tuberculose* (1868), Villemin deducea din experienţele sale negarea teoriei ereditare a ftiziei, afirma natura tuberculoasă a pleureziei, declara periculos contactul copiilor cu bolnavii de plămîni şi conchidea: cauza tuberculozei apare „ca o substanţă răspîndită în organism prin intermediul mediului interior, care o disemineză transportînd-o".

O a treia tendinţă se desprinde din concepţia lui Trousseau (1801—1867), care, fiind profesor de clinică începînd din 1852, cucereşte în curînd o reputaţie universală. Punerea la punct a chestiunilor tratate era susţinută de arta prezentării şi servită printr-o elocinţă admirabilă. Lecţiile sale, publicate în 1861, au fost deseori reeditate şi aduse la zi de către discipolii săi direcţi.

TERMOMETRIE CLINICĂ. Spre anul 1850, de cînd L. Traube (1818—1876) a introdus curbele de temperatură, discipolul său Wunderlich a reuşit să stabilească la unele boli un ciclu, perioade, forme clinice, formulînd totodată cîteva reguli simple de diagnostic.

În cartea sa, *Température dans les malades* (1868), Wunderlich — scrie Pr. Laubry — „adaugă puţin la masa de date culese de iluştrii săi înaintaşi; el le confirmă însă în mod strălucit, şi le reuneşte într-un mănunchi solid, impermeabil la contradicţii zadarnice".

De atunci, termometrul medical cunoaşte perfecţionări; lucrările întemeiate pe folosirea sa regulată se succed în număr mare şi, în 1877, cartea

[15] Spasm dureros intermitent (cîrcel).—*N.T.*

postumă a lui Lorain sintetizează datele de termometrie clinică culese din nenumărate publicaţii.

INFECŢIA PUERPERALĂ. Academia de Medicină din Paris se pronunţă, în 1851, împotriva naturii infecţioase a febrei puerperale; dar problema nu este rezolvată. În 1855, Lorain îşi orientează cercetările spre contagiunea directă de la mamă la copil şi de la copil la mamă. Tarnier (1857), mai radical, susţine că febra puerperală există şi că ea este epidemică şi contagioasă; discuţia academică este reluată în 1858, dar fără rezultat. Opinia reacţionează atunci cînd J. Lucas-Championnière introduce antisepsia la maternitatea de la spitalul Cochin (1874) şi reduce mortalitatea la 1%. Între timp, Semmelweis moare (1867) într-un azil de alienaţi, fără a şti că ideile sale triumfă; O.W. Holmes, mai fericit, a putut să scrie:

„Am dat un avertisment mai puternic şi mai durabil decît oricare altul, şi sînt fericit a şti că m-am bazat pe evidenţa materială, cu mult înainte ca mica armată de microbi să vină să mă ajute în apărarea poziţiilor mele".

CHIRURGIE. Înainte de a se ajunge la stadiul salutat de Holmes, chirurgia nu era binefăcătoare decît atunci cînd era încredinţată unor mari spirite.

„Între 1850 şi 1860, scrie Lecène, a existat un număr de chirurgi care au reuşit să amelioreze mult pronosticul anumitor operaţii abdominale. Aceştia au fost Koeberlé şi Péan în Franţa, Spencer Wells, Baker Brown şi Lawson Tait în Anglia; cu săpunul şi cu apa fiartă, aceştia făceau asepsie fără s-o ştie".

Ei evitau piesele anatomice, plăgile infectate şi nu operau decît în clinici particulare. Chirurgi temerari, ei îşi perfecţionau tehnicile, adoptau procedee de securitate, cum ar fi drenajul Chassaignac (1859), inventau instrumente, ca pensele hemostatice ale lui Koeberlé (1864) şi Péan (1868), care au jucat un rol imens în progresele chirurgiei. Spencer Wells (1862) operează, prin laparotomie, o peritonită tuberculoasă ascitică şi salvează bolnavul; Koeberlé extirpă, pentru prima dată, un voluminos fibrom pe cale abdominală (1863), în timp ce Péan reuşeşte histerectomia vaginală (1890). Lawson Tait (1845—1899), din Birmingham, procedează, prin laparotomie, la extirparea anexelor, făcînd — după cum afirmă J.L. Faure — o revoluţie în terapeutica supuraţiilor anexiale[16]. I. Baker Brown a conceput, de asemenea, unele inovaţii tehnice. În S.U.A., Marion Sims vindecă fistula vezico-vaginală (1849); în Anglia, Barnes (1860) denumeşte ruptura bruscă a sarcinii extrauterine — hematocel cataclismic; William Fergusson înlocuieşte pe cît posibil amputaţia prin rezecţie osteoarticulară; James Syme pune la punct amputaţia piciorului, ca şi N.I. Pirogov în Rusia; Gustav Simon (din Heidelberg) realizează ablaţiunea rinichiului (1869).

[16] Istoria peritonitelor, în special a pelviperitonitei, grupează un mare număr de lucrări, printre care cele ale lui Bernutz şi ale elevilor săi (1880—1884), „minunat monument anatomoclinic, întemeindu-se pe bazele patologice cele mai fragile şi mai discutabile" (E. DUPRÉ şi P. RIBIERRE, în *Maladies du péritoine*, 1909).

ANTISEPSIE. Chirurgii care nu puteau lua aceeaşi atitudine ca şi novatorii înregistrau suficiente insuccese. Antisepsia, cînd va fi răspîndită, va extinde numărul succeselor chirurgicale. Ea „nu a venit, afirmă J. Lucas-Championnière, să se situeze brusc de-a curmezişul chirurgiei, ca o revelaţie". Mai exact, antisepticele au precedat antisepsia. Demarquay utilizează, în 1855, glicerina pentru a pansa rănile şi pentru a trata infecţia de spital; spre 1860, el proclamă permanganatul de potasiu ca un dezinfectant prin excelenţă.

Dar este universal admis că metoda antiseptică datează de la publicarea ei de către Josef Lister (1827—1912), în *The Lancet* (1867). Aplicînd descoperirile lui Pasteur asupra germenilor din aer, „chirurgul, afirma Lister, trebuie să vadă germenii în atmosferă după cum noi vedem păsările în aer". Pentru a preveni infecţiile septice, el pulveriza o soluţie de apă fenicată în atmosfera sălilor de operaţie, şi a cîmpului operator; de asemenea, ţinea în această soluţie toate obiectele ce urmau să intre în contact cu rana: mîinile, instrumentele, catgutul, destinate a reaşeza laolaltă, în profunzime, ţesuturile sfîşiate; planurile superficiale erau suturate cu fire de argint; pansamentul era constituit dintr-un înveliş de tifon impregnat cu răşină şi cu parafină. Progresul astfel realizat era considerabil. Thiersch, din Leipzig, şi Lucas-Championnière, din Paris, se înapoiază entuziasmaţi dintr-o călătorie de studii făcută împreună cu Lister. Echipa antiseptică formată de tînărul francez a trebuit totuşi să lupte timp îndelungat pentru a determina acceptarea principiilor ei.

IDEILE PASTEURIENE ŞI ASEPSIA. Răspunzînd oponenţilor săi, la 30 aprilie 1878, la Academia de Medicină, Pasteur prezintă un plan schematic de asepsie chirurgicală şi desenează, pe tablă, streptococul, agent specific al infecţiei puerperale. Sfaturile sale sînt aplicate de chirurgi, şefi de şcoală: Terrillon, urmat îndeaproape de Terrier.

ANESTEZIE ŞI CHIRURGIE. În acelaşi timp se perfecţionează anestezia generală. Pidoux şi Constantin Paul (1876) remarcă predilecţia chirurgilor francezi pentru cloroform, şi preferinţa americanilor şi englezilor pentru eter:

> Prima precauţie ce trebuie luată, scriau ei cu o admirabilă clarviziune, „este, desigur, de a nu face bolnavul să respire vapori anestezici puri, de a permite oxigenului din aer să pătrundă în cantitate suficientă în plămîn, pentru ca hematoza să nu fie întreruptă".

Metoda triumfă în amputaţii, hernie strangulată, cistostomie, luxaţii şi fracturi; intervenţiile ginecologice sînt, de asemenea, înlesnite. Reis, din Chicago (1895) — urmat de Wertheim, din Viena, J.L. Faure, din Paris (1896) —, elaborează histerectomia pentru cancerul colului pe cale abdominală, graţie „planului înclinat al lui Trendelenburg" (1891) şi perfecţionării instrumentarului aseptic. Halsted, din Baltimore, introduce folosirea mănuşilor de cauciuc (1899) şi codifică ablaţiunea cancerului de sîn. Wölfler practică, la Viena, prima gastroenterostomie în 1884, iar din 1896, reuşeşte gastrectomia pentru cancer. Chirurgia pleuro-pulmonară începe în 1876 şi este reluată cu succes de Ed. Quénu şi Longuet, Tuffier şi Hallion (1896), Doyen, Macewen. În

1896, Rehn, din Frankfurt, reuşeşte să sutureze o rană a inimii (cu supravieţuire), operaţie considerată impracticabilă cu 20 de ani mai înainte de către Billroth din Viena, care a lăsat o operă importantă în chirurgia intestinului.

ANESTEZIE LOCALĂ. Se evită anestezia generală atunci cînd intervenţia trebuie să fie de scurtă durată. Anestezia locală, care-i ia locul atunci, s-a născut din invenţia lui Pravaz, medic din Lyon (1791—1853); un ac gol pe dinăuntru, destinat a introduce perclorură de fier în pungile anevrismale. Adaptarea acestui ac la seringa construită de Charrière (1852) marchează începutul medicaţiei hipodermice. Aceasta din urmă este popularizată de Wood din Edinburgh (1853), iar în Franţa, de Béhier (1859), care injectează atropină, morfină, pentru a trata nevralgiile. Metoda a avut, alături de efecte binefăcătoare, şi urmări nefaste, ca accidente locale şi morfinomania; dar succesele ei sînt mult mai mari decît aceste aspecte negative, ca urmare a rapidităţii acţiunii sale. Ea pătrunde în terapeutica chirurgicală prin Halsted (1884), P. Reclus, care precizează tehnica, indicaţiile, contraindicaţiile, consecinţele şi rezultatele (1886). În 1898, rahicocainizarea[17], inventată de Bier, este introdusă în tehnica anesteziei. Această cale nouă, încercată de Seldowitz şi de Zeidler, este utilizată în Franţa de Tuffier, în 1899.

PASTEUR ŞI MEDICINA. După ce am menţionat importantele sale lucrări asupra bolii cărbunelui[18], amintim că, din 1881 pînă în 1886, Pasteur întreprinde rezolvarea problemei turbării. Împreună cu Chamberland, Roux şi Thuillier, Pasteur confirmă că virusul rabic se propagă de-a lungul nervilor membrului muşcat, ajungînd în sistemul nervos central; pune la punct inocularea măduvei rabice[19] şi administrează primul tratament la 6 iulie 1885, unui tînăr alsacian, Joseph Meister. La sfîrşitul anului 1885, tratase deja 350 de cazuri de turbare, cu un singur deces, care l-a costat un viu atac la Academia de Medicină, din partea lui Peter, atac eşuat datorită apărării viguroase pe care i-au opus-o Brouardel, Charcot şi Villemin.

MICROBII PATOGENI. Pentru a desemna germenii ca factori ai bolilor, chirurgul militar Sédillot inventează, în 1878, cuvîntul *microb*, care este adoptat rapid, o dată cu creşterea numărului de microbi patogeni cunoscuţi. Fiecare dintre ei îşi are istoria sa proprie, legată de activitatea susţinută a descoperitorilor şi lupta pe care o duc aceştia pentru triumful ideilor lor. Robert Koch (1843—1910) a determinat acceptarea, în 1883, a descoperirii bacilului tuberculozei, dar adversarii săi s-au crezut la un moment dat în cîştig de cauză, deoarece microbul nu se descoperea în leziunile ftiziei acute. Nu fără dificultăţi, Koch a impus agentul patogen al holerei, un vibrion, a cărui existenţă a demonstrat-o în cursul unei epidemii din Egipt (1884). Prin cercetări

[17] La noi, chirurgul Thoma Ionnescu introduce metoda stovainizării în rahianestezie.— *C.M.*

[18] A se vedea studiul lui M. CAULLERY, *Pasteur şi microbiologia* (pp. 455—462).

[19] La noi, dr. Victor Babeş ameliorează procedeul lui Pasteur.—*C.M.*

de laborator, prin experimentare şi în clinică, Talamon demonstrează (1883) că pneumococul este agentul patogen al pneumoniei; acestuia îi este opus pneumobacilul, descoperit de Friedlaender, şi care stă de fapt, la originea bronhopneumoniei. Yersin, în Indochina, învinge toate obstacolele ce stau în faţa sarcinilor sale şi, examinînd puroiul dintr-un bubon de ciumă, prelevat fără autorizaţie de la un cadavru, pune în evidenţă bacilul ciumei (1894). Notăm, de asemenea, identificarea altor agenţi patogeni: în 1874, bacilul leprei (Hansen); în 1877, vibrionul septic, agent al gangrenei gazoase (Pasteur şi Joubert); în 1879, gonococul (Neisser); în 1880, stafilococul şi streptococul (Pasteur), bacilul tific(Eberth), bacilul morvei (Bouchard, Capitan şi Charrin); în 1882, bacilul difteric (Klebs); în 1885, colibacilul (Escherich[20]); în 1886, meningococul (Weichselbaum); în 1887, *Brucella melitensis*, agent al febrei de Malta (Bruce); în 1888, bacilul dizenteriei (Chantemesse şi Widal); în 1889, bacilul şancrului moale (Ducrey); în 1894, bacilul botulismului (Van Ermengem), simbioza fuso-spirilară (H. Vincent); în 1896, bacilul paratific (Achard şi Bensaude); în 1899, enterococul (Thiercelin) etc.

La lista de microbi patogeni, se adaugă cea a *virusurilor*, denumite şi *ultravirusuri*, întrucît nu sînt vizibile la microscop, sau *virusuri filtrante*, pentru că străbat filtrele de laborator păstrîndu-şi proprietăţile patogene. Virusul febrei aftoase este pus în lumină de Loeffler şi Frosch (1898); cel al peripneumoniei, de Beijerinck (1898), cel al variolei ovinelor[21], de Borrel, şi cel al febrei galbene, de Reed şi Carroll (1902). Rujeola, herpesul, varicela, variola, poliomielita etc. par a se datora unui virus.

PARAZITOLOGIE. În 1805, Fabricius descoperă insecta care inoculează friguri le galbene, *Aedes fasciatus*, devenită *Stegomya fasciata* (Théobald, 1901), al cărei rol a fost bănuit de Audouard (1821), Beauperthuy (1853), precum şi de medicul cubanez Finlay (1881). Renucci (1834) suprimă cele mai persistente erori, punînd în evidenţă parazitul scabiei. În 1835, Owen descrie *Trichina spiralis*, a cărei evoluţie are loc în muşchi (Herbst, 1850); expunerea trichinozei se datoreşte lui Leuckart, Virchow, Zenker. *Ankylostoma duodenale* este agentul anemiei minerilor (Dubini, 1843), Bilharz[22] (1852) dă numele de *Distomum haematobium* unor viermi laţi care determină hematuria prin leziunile inflamatorii ale vezicii pe care se poate grefa cancerul (Virchow, 1888). Von Siebold stabileşte, în 1853, că chisturile hidatice sînt provocate de *Taenia echinococcus*, cunoscută de la Goeze (1782); în 1853, de asemenea, P.J. van Beneden arată că cisticercoza se datoreşte parazitului *Cysticercus cellulosae*; într-un lichid lăptos de hidrocel, Demarquay (1864) descoperă parazitul căruia Lewis (1872) îi dă numele de *Filaria sanguinis humanis*[23]; filaria lui Bancroft (1876) este găsită într-un abces al braţului, în limfosarcomul scrotului etc.

[20] De unde numele de *Escherichia coli*, dat colibacilului.—*C.M.*
[21] Clavelea, boală asemănătoare cu variola.—*C.M.*
[22] De unde numele genului *Bilharzia*.—*C.M.*
[23] *Filaria bancrofti*.—*C.M.*

Obermeier descoperă spirocheta febrei recurente (1873) şi F. Lösch (1875), amiba dizenteriei *(Entamoeba histolytica)*.

Amintim, de asemenea, descoperirea naturii paludismului şi a mecanismului transmiterii lui, ca urmare a unei lungi serii de lucrări, mergînd de la prima observaţie a hematozoarului în sîngele unui paludic, de către Laveran (1880), pînă la recunoaşterea definitivă, de către G.B. Grassi (1898), a transmiterii agentului malariei prin ţînţarii din genul *Anopheles*[24]. Această descoperire trebuia să aibă consecinţe de o rară însemnătate pentru lupta împotriva malariei, la care savanţii italieni au luat parte predominantă.

Printre ciupercile parazite, nu este lipsit de interes să notăm că genul *Penicillium* a fost individualizat de Link (1809).Ciuperca favus-ului uman (Remak, 1837; Schönlein, 1839) capătă, o dată cu Lebert (1845), numele de *Achorion*[25] *schönleinii*; Gruby atribuie alopecia ciupercii *Microsporon audouini* (1843); *Aspergillus fumigatus* (Frésénius, 1863) determină la crescătorii de porumbei aspergiloza pulmonară, de care s-au interesat Virchow, Lichtheim, Chantemesse şi Widal; diverse micetoame se datorează genului *Actinomyces* (Harz, 1877; Eppinger, Vincent, Kruse).

PATOLOGIE NERVOASĂ. OPERA LUI CHARCOT. În locul haosului care domnea în patologia nervoasă, înainte de Charcot (1825—1893), se succed structurări bine ordonate, şi „în acest cadru, afirmă Pr. Guillain, tablouri de o luminoasă claritate"; nu există capitol al patologiei pe care să nu-l fi amplificat sau metamorfozat. Opera sa cuprinde, între altele, lucrări asupra reumatismului cronic progresiv (1853), cercetări referitoare la claudicaţia intermitentă, patogenia hemoragiilor cerebrale (cu Bouchard, 1866), localizările cerebrale, scleroza în plăci (cu Vulpian, 1866), scleroza laterală amiotrofică (1868), artropatiile tabetice (1868—1869), crizele de isterie, rinichii şi articulaţiile gutoşilor (cu Cornil, 1863), geriatrie, paralizia dureroasă a canceroşilor, guşa exoftalmică, bolile ficatului.

Lîngă opera lui Charcot se situează şi cea a chirurgului James Paget (1814—1899), din Londra, care izolează, în 1876, osteita cu evoluţie progresivă, iar în 1879, boala sînului numită „a lui Paget".

POTAIN ŞI CARDIOLOGIA. Potain (1825—1901) se relevă a fi cardiolog începînd cu teza sa *(Sur les bruits vasculaires anormaux qui suivent les hémorragies)*, care-l determină să studieze suflurile cardiace şi să facă cercetări asupra tensiunii arteriale, începînd din 1864. Prudenţa extremă a lui Potain a determinat amînarea publicării lecţiilor sale pînă în 1894, iar cartea sa asupra tensiunii arteriale nu a apărut decît în 1902, aducînd, cu tot aparatul precar pe care l-a inventat el, noţiuni juste cu privire la hipertensiunea arterială şi hipotensiune. Aparatul Potain a fost folosit mult timp pentru evacuarea lichidului pleural; posologia digitalinei pe care a elaborat-o este punctul de plecare al unei terapeutici cardiace eficace.

[24] A se vedea şi studiul lui M. Caullery şi A. Tétry (pp. 426—430).

[25] *Achorion schönleinii* a fost studiat de D. Grecescu în teza sa de doctorat, susţinută la Paris.—*C.M.*

BOUCHARD ȘI BOLILE NUTRIȚIEI. În istoria bolilor de nutriție, concepțiile lui Bouchard (1837—1915) s-au impus timp îndelungat. Ce trebuia gîndit despre diete? Acest termen, scrie P. Legendre în 1899, pare să devină mai mult dăunător decît util; de fapt, el n-a fost niciodată explicit. Începînd cu Bazin (1807—1878), erau recunoscute două diateze principale, artritismul și limfatismul; herpetismul lui Lancereaux nu pare decît un compromis între cele două cadre; dar Hallopeau îl admite, la fel ca și artritismul și scrofula (care conține limfatismul). Hanot (1844—1896) nu vede în artritism „decît o stare constituțională, caracterizată printr-o viciere, de obicei congenitală și ereditară, a nutriției țesutului conjunctiv și a derivaților săi, care devin țesuturi de mai mică rezistență". Bouchard nu recunoaște decît două diateze: scrofula și artritismul; prima este reprezentată prin tendința spre eczeme, impetigo, blefarite, coriză cronică, otoree, deformații osoase, amigdale mari, adenite, tumefierea ganglionilor mezenterici. Artritismul, sau diateza artritică, înglobează bolile datorate încetinirii nutriției, pe care Bouchard le clasifică în trei grupe: 1) *discraziile acide* (oxalurie, rahitism, osteomalacie gravidică sau nu); 2) *discraziile lipogene* (seboree, obezitate); 3) *bolile precipitante* (litiaze biliare, litiază renală, gută, reumatism cronic, diabet zaharat).

Această ultimă grupă de maladii constituie obiectul a numeroase studii: litiaza biliară se datorește precipitării colesterinei (Bristowe, 1887; Naunyn, 1892). Garrod atribuie guta depunerii acidului uric în articulații și viscere, dar Guéneau din Mussy contestă calitatea acestui fapt (1874).

Reumatismul cronic progresiv are deja o istorie îndelungată, întrucît Haygarth a arătat (1805—1815) că nodozitățile nu sînt niște formațiuni juxtapuse, ci fac parte integrantă din oase. Diabetul zaharat, identificat altădată prin gustul dulceag al urinei, este decelat, începînd din 1848, prin reacția chimistului german Hermann von Fehling (1812—1885), derivată din procedeul lui Trommer (1841); în sfîrșit, diabetul insipid, cunoscut încă din secolul al XVII-lea, caracterizat după Falck (1853) prin azoturie și hidrurie, este studiat în special de Lécorché (1877).

2. Patru achiziții capitale

APENDICITA. Din ansamblul achizițiilor care se eșalonează începînd de la 1880 și continuă pînă la sfîrșitul secolului, vom menționa, în ordinea influenței, pe acelea care au impresionat cel mai mult opinia mondială. Către anul 1880, apendicita este descrisă ca o boală; chirurgul american Mac Burney îi dă numele său („New York medical journal", 21 dec. 1889), iar Ch. Talamon expune diversele sale forme anatomoclinice (1892).

SERO-DIAGNOSTIC. Cîteva fenomene îl preced. Charrin și Roger (1892) remarcă aglutinarea microbilor cu prilejul studiilor pe care le fac asupra unei culturi de bacili piocianici; R. Pfeiffer constată că serul unui cobai vaccinat contra holerei transformă și lizează bacilul holeric (1894); el obține un rezultat analog pe animale vaccinate împotriva bacilului lui Eberth, și vede în acest

fenomen o reacție de imunitate; Durham și mai cu seamă Gruber împărtășesc această opinie. Fernand Widal (1862—1929) se întreabă atunci „dacă serul bolnavilor de tifos nu capătă și el proprietăți aglutinante", întreprinde cercetări și, la 26 iunie 1896, anunță descoperirea sero-diagnosticului, reacția căutată fiind pozitivă și începînd din a 8-a zi a febrei tifoide. Același rezultat este curînd obținut și în febrele paratifoide (Achard și Bensaude); sero-diagnosticul servește de aici înainte la diferențierea febrei tifoide și a febrelor paratifoide, și înlăturarea din diagnostic a bolilor care le simulează: gripa, meningita cerebrospinală, tuberculoza acută. Metoda se extinde apoi și la holeră, febra de Malta (bruceloză), ciumă, febra galbenă, psitacoză, dizenteria bacilară.

PUNCȚIA LOMBARĂ. Extragerea de lichid cefalorahidian intră în practică (1891) datorită lui Heinrich Quincke. Diversele aspecte ale acestui lichid, obținut prin puncție lombară, proprietățile sale fizice și chimice sînt studiate în stare normală și în stare patologică; elementele celulare, studiate la microscop, au servit la fundamentarea citodiagnosticului, polinuclearele anunțînd un anumit grad de acuitate a procesului iritativ al meningelor, predominanța limfocitară fiind în favoarea unui proces atenuat.

RADIOLOGIE. O dată cu descoperirea radiațiilor Röntgen (1895), capacitatea de investigare hipocratică sporește; dificultățile tehnice, care par enorme la început, își găsesc, an de an, soluții. Din 1896, Antoine Béclère și elevii săi încep cu pasiune cercetări. În același an Lannelongue și Achhard aplică radiațiile X la diagnosticul bolilor osoase, fracturilor, luxațiilor și tuberculozei osoase și în depistarea corpurilor străine; Oudin și Barthélemy prezintă radiografii ale mîinii și ale toracelui, Bouchard, primele aspecte ale cavernelor tuberculoase, ceea ce suscită emulația lui Williams în S.U.A., a lui Holzknecht în Austria, a lui Maragliano în Italia[26]. Printre nenumăratele inovații figurează cele ale lui Cannon în S.U.A. (1901), J. Ch. Roux și Balthazard în Franța, care încearcă aplicarea radiologiei la bolile tubului digestiv și încep să folosească bismutul pentru a opacifica și urmări contururile stomacului, aspectele cardiei și pilorului.

3. Dezvoltarea științelor medicale

ANATOMIA. Aponevrozele micului bazin sînt descrise de Denonvilliers; cercetările asupra vaselor limfatice sînt continuate de Sappey. Semnalăm remarcabilele planșe ale lui Farabeuf (1841—1910) și excelenta *Anatomie de la tête et du cou* a lui Sébileau (1860—1953). Poirier (din Paris), Charpy (din Toulouse) au dirijat publicarea unei voluminoase și în multe privințe originale *Anatomie descriptive*; tratatul lui Testut (Lyon) a fost mult timp clasic. Anatomia topografică a avut reprezentanți excelenți: A. Richet, P. Tillaux în Franța; Henle, Remak, Ludwig, Gerlach, Zenker, Gegenbaur, His senior, Merkel în Germania; Waller în Anglia; Hyrtl și Zuckerkandl în Austria etc.

[26] La noi, prima aplicare a radiațiilor X, la Iași, s-a datorat fizicianului Dragomir Hurmuzescu, prieten cu E.G. Racoviță.—*C.M.*

HISTOLOGIA. Histologia generală a fost promovată, în Franța, mai cu seamă de Ranvier, Mathias Duval, Prenant. Laguesse a făcut cercetări importante asupra plămînului și a pancreasului; Pacini, asupra corpusculilor tactili, Corti, asupra organului auditiv; Golgi descoperă impregnarea țesutului nervos cu nitrat de argint. Aceștia sînt cei mai renumiți dintre histologii italieni din acea vreme. În Spania, Ramôn y Cajal (1852—1934) demonstrează, în 1888, că celulele nervoase se află în raporturi de contiguitate.

FIZIOLOGIA. Hutchinson (Anglia) se afirmă prin studierea elasticității pulmonare (1849); germanul Karl Ludwig (1816—1895) a înregistrat, în 1856, primul traseu al tensiunii arteriale[27]; Berthelot, Duclaux, Buchner, Bourquelot au studiat (1860—1900) diastazele, iar Pettenkoffer și C. Voit (Germania, 1866) s-au ocupat de om înainte și după alimentare; Élie de Cyon a studiat accelerarea inimii prin excitarea marelui simpatic. Respirația la altitudine constituie obiectul cercetărilor lui Jourdanet (1861), Paul Bert (1878), Mosso (1880—1900); Fick calculează debitul cardiac (1870); Heidenhain (1874) face cunoscute teoriile secreției renale; Gerhardt, conținutul de uree în sîngele arterial și în cel venos. În perioada 1885—1895, apar lucrările lui Chauveau asupra izodinamiei elementare; ale lui Carles Richet și Rubner asupra legii suprafețelor. În 1850, Waller studiază degenerescența valeriană a nervilor; în 1893, His junior descrie fasciculul excito-conductor al inimii.

PATOLOGIE INTERNĂ. Nici o istorie nu poate să se intereseze mai mult decît istoria medicinii — după cum a spus-o Marc Bloch — „de spectacolul cercetării, cu succesele și decepțiile sale". Nici o boală nu este omisă, în etapele ce se succed, din investigațiile unor autori pe care viitorul îi va judeca după meritele lor.

Astfel, Underwood face, în 1774, un studiu sumar al paraliziei infantile; Heine, la Stuttgart, semnalează caracterul ei epidemic (1840); Rilliet și Barthez (1843) o numesc paralizie esențială a copilăriei; ea pătrunde în cadrul anatomiei patologice prin lucrările lui Prévost (1845), Charcot, Roger, Damaschino (1881), în timp ce Duchenne din Boulogne, tatăl și fiul (din 1855 pînă în 1860, apoi 1864), stabilesc caracterele ei distinctive. În sfîrșit, ea capătă numele de „poliomielită anterioară acută a copilăriei" sau „boala lui Heine-Medin", acest din urmă autor insistînd mult asupra epidemiologiei, la 45 de ani după Heine. Legea lui Chopart-Stokes: „Orice mușchi subiacent unei membrane sau mucoase inflamate paralizează", intuită de Chopart, a fost enunțată de Stokes din Dublin (1804—1878) în 1854; numele acestuia din urmă este asociat totodată cu numele maestrului său Cheyne, în ceea ce privește descoperirea ritmului Cheyne-Stokes (apnee, polipnee, apnee), descris de Cheyne în 1816 și scos din uitare de discipolul său în 1846, și cu cel al lui Adams (puls lent permanent: 1827—1846). Asemenea exemple, care fac parte din istoricul bolilor, le vom înlocui cu o enunțare rapidă a achizițiilor medicale succesive, aparat cu aparat.

[27] A se vedea și studiul lui G. Canguilhem și M. Caullery (pp. 488 și 492).

APARATUL CIRCULATOR. Duroziez adună, în 1862, diversele elemente stetacustice ale îngustării mitrale pure; începînd din 1863, sfigmograful lui Marey înregistrează pulsul normal şi patologic, iar cardiograful aceluiaşi savant înregistrează zgomotele inimii. În 1865, Traube, în Germania, stabileşte raporturile dintre afecţiunile renale şi cele cardiace, şi, fără aparat înregistrator, descoperă hipertensiunea arterială în eclampsie, în nefrita interstiţială, în saturnism. În 1871, Peter relevă accidentele gravido-cardiace în raport cu stenoza, iar William Osler distinge, în 1885, în semiologie, printre endocarditele infecţioase, trăsăturile esenţiale ale endocarditei maligne lente. Bouveret face descrierea tahicardiei paroxistice (1890); Bard, în 1893, asociază, în cadrul cardiopatiilor, geneza asistoliei cu puseurile inflamatorii; Broadbent şi Ewart studiază simfiza pericardică (1895); în 1896, R. Marie prezintă un remarcabil studiu anatomopatologic al infarctului miocardic, iar Pick, în Germania, descrie pericardita constrictivă.

Prima brasardă pneumatică pentru luarea tensiunii arteriale se datoreşte ingeniozităţii lui Riva-Rocci, din Pavia (1890). Noţiunea de arterită acută recapătă sens şi suscită interes prin observaţiile lui Patry (1863) şi Potain (1878) în cursul febrei tifoide; studierea arteritelor sifilitice şi tuberculoase, la fel ca şi a arteritelor acute şi cronice, duce la apariţia a numeroase lucrări. În 1872, Gull şi Sutton fac cunoscută arterioscleroza, iar Lancereaux, în Franţa, susţine idei analoge. Originea sifilitică a anevrismelor aortice este afirmată de Welch (1875).

HEMATOLOGIE. În 1845, Virchow întreprinde clasificarea leucocitelor; el distinge globulele albe mici, cu nucleu rotunjit, şi altele, mai voluminoase, cu nucleu deformat, de origine splenică, şi îmbogăţeşte patologia cu cercetarea a două maladii: leucemia limfatică sau ganglionară, şi leucemia splenică sau mielogenă. Bennett (din Edinburgh), care face aceeaşi descoperire în acelaşi timp, propune determinarea leucocitemică. Cercetările lui Addison (1849) şi Biermer au pus în lumină anemia pernicioasă (1868—1875). Caracterele hematologice ale clorozei au fost reunite de Hayem, al cărui *Traité du sang et de ses altérations anatomique* (1879) a avut o mare influenţă. Poliglobulia cu cianoză, splenomegalie, dureri artrozice, constituie boala lui Vaquez (1892). Echilibrul leucocitar este perturbat în starea patologică (Leredde şi M. Loeper, 1895); Dominici (1900) încearcă să repereze reacţiile proliferative ale leucocitelor în cursul îmbolnăvirilor acute şi după sîngerare. Mononucleoza este semnalată în granulie, în tuberculoza cazeoasă şi în variolă. Transfuzia de sînge, condamnată de Dumas şi Prévost în 1821, rămîne în umbră pînă la experienţele lui Landois în Germania (1867) şi Oré în Franţa (1868), urmate de Hayem, Jullien (1875), Roussel (1876) şi, în sfîrşit, M. Raynaud care a încercat transfuzia folosind propriul său sînge (1870).

PNEUMOLOGIE. Barth studiază constituirea dilataţiei bronhice (1856), iar E. Woillez contribuie la discernerea congestiilor pulmonare (din 1854 pînă în 1872); Gracher izolează, în 1883, splenopneumonia; definirea etiologiei edemului pulmonar acut se extinde: accident al toracentezei (Pinault, 1853),

complicaţie a nefritelor cronice (Fraentzel, 1889) etc.; sclerozele pulmonare sînt studiate de Charcot (1878). Virchow, Neumeyer, Reinhardt (1858) admit că pneumonia cazeoasă se deosebeşte de tuberculoză, dar Willemin, Charcot etc. au o părere opusă. Tuberculoza galopantă este contestată pînă la Waller, din Praga, fără însă ca să i se fi stabilit cauza, şi Fournet (1839) pune în relief „predominarea fenomenelor generale asupra simptomelor locale"; Leudet şi mai cu seamă Empis (1865) denumesc ftizia acută. Celor mai eronate concepţii patogenice, scriu Dreyfus-Brisac şi Brühl, „noi le datorăm cele mai exacte date clinice". Laennec, Louis şi un număr de cercetători care le-au urmat consideră că majoritatea pleureziilor sînt de origine tuberculoasă. Bard (1898) propune o clasificare a formelor clinice de tuberculoză pulmonară, căreia îi lipseşte confirmarea radiologică, dar care constituie o bază de lucru remarcabilă. Printre problemele cele mai dezbătute figurează aceea a modului de transmitere a tuberculozei, prin ereditate sau prin contagiune. Prima ipoteză, susţinută de Baumgarten (1883—1892), a fost silită să bată în retragere în faţa soliditătii argumentelor aduse de partizanii celei de-a doua, în special de Musgrave-Clay (1879), care a elucidat împrejurările în care contagiunea devine posibilă, şi de Flügge (1897), care a scos în evidenţă contagiunea demonstrînd că particulele aruncate prin tuse conţin bacili. Kelsch, Hutin, Kiss (1898), în Franţa, Baumgarten, în Germania, emit iniţial opinia că tuberculoza nu este, deseori, decît o complicaţie a unei îmbolnăviri latente şi vechi.

NEUROLOGIE. P. Broca (1861) localizează sediul limbajului articulat la baza celei de-a treia circumvoluţii frontale stîngi; dar convingerea sa este zdruncinată prin observaţiile lui Trousseau şi ale lui Charcot (1863) care, la autopsia unor cadavre de afazici, găsesc intactă zona indicată. În consecinţă, lobul frontal nu păstrează preeminenţa care i-a fost atribuită, dar teoria localizărilor cerebrale, fundată în 1875 de Charcot, combătută de Vulpian şi Flourens, subzistă: zona motrice este situată în circumvoluţia frontală ascendentă şi în cea parietală ascendentă.

Neurologul Hughlings Jackson (1867) adaugă un număr de noţiuni etiologice, clinice şi patologice la epilepsia parţială. G. Sée (1850) stabileşte raportul dintre coreea comună şi reumatismul articular acut, în timp ce hemoragiile meningiene formează obiectul a numeroase lucrări. Hemiplegia îşi are sediul bulbo-protuberanţial, atunci cînd la paralizia facială a unei părţi se adaugă paralizia membrelor situate în partea opusă (Millard-Gubler); ea are un sediu peduncular cînd este, de exemplu, hemiplegie dreaptă şi ptoză stîngă (Gubler, Weber). Cauza devierii conjugate a capului şi a ochilor a fost elucidată de Prévost, Charcot şi mai cu seamă de Landouzy şi Grasset (1879). Brown-Séquard culege, din 1849 şi pînă în 1863, 24 de observaţii de hemisecţiuni medulare, caracterizate printr-o hemiparaplegie cu hemianestezie încrucişată.

În 1849, Beau pătrunde în domeniul nevritelor. Între 1850 şi 1855, Aran, Cruveilhier şi Duchenne din Boulogne studiază atrofia musculară progresivă. Înainte ca Romberg (1851) să descopere pierderea echilibrului, cu ochii închişi şi călcîiele împreunate, ataxia locomotorie sau tabesul nu are o istorie clinică. Duchenne din Boulogne notează pierderea poziţiei membrelor, lipsa de coor-

donare motrice, puterea conservată. Argyll Robertson, oculist la Edinburgh, semnalează pierderea reflexului la lumină cu păstrarea reflexului de acomodare. În 1868—1869, Charcot adaugă la aceste elemente principale atropatiile tabetice; în 1877, Westphal facilitează diagnosticul tabesului prin abolirea reflexului rotulian; cu un an înainte, A. Fournier recunoscuse originea sifilitică a bolii. Miastenia se conturează din cercetările lui Erb (1878), Goldflam (1891), Jolly (1891—1895). Charcot şi Jeoffroy constată, începînd din 1869, disocierea sensibilităţii la anumite animale bolnave, indiciu fundamental al siringomieliei, care intră în faza clinică prin lucrările lui Kahler (1882—1888), Schultze (1882). În legătură cu hematomielia, lucrarea cea mai importantă se datoreşte lui J. Lépine (1900).

Intuiţia îl conduce pe Lasègue la depistarea sciaticii: nervul care trece pe ischion se întinde, cînd se ridică membrul întins, ca o coardă de vioară. Putînd fi asemănat cu un reflex, simptomul dat de medicul rus Kernig elucidează diagnosticul meningitelor convexităţii (1882); valoarea sa a fost recunoscută şi propagată de Netter (1898). Babinski adaugă la această semiologie nervoasă simptomul capital de care se leagă numele său[28]: extinderea degetului mare de la picior prin excitarea plantară, de fiecare dată cînd funcţia fasciculului piramidal este perturbată (1896). În 1901, Babinski arată că fenomenele isterice pot fi reproduse prin persuasiune, de unde şi numele lor nou de „pitiatice", şi ele sînt de aici înainte diferenţiate, în mod absolut, de fenomenele organice.

Chirurgia nervoasă îşi face apariţia în 1887. „Horsley, scrie Osler, a extirpat cu succes o tumoare care comprima măduva spinării: este poate cea mai strălucită operaţie din toată istoria chirurgiei", şi aceasta la 30 de ani.

BOLI MINTALE. Descrierea delirului de persecuţie, în 1854, este opera magistrală a lui Lasègue. În acelaşi an, sub denumirile de nebunie de formă dublă, de nebunie circulară este evidenţiată alternanţa excitaţiei sau mania de melancolie. În 1857, Morel publică *Traité des dégénérescences*, iar suedezii Esmarch şi Jessen afirmă originea sifilitică a paraliziei generale; această teorie, primită cu scepticism, este justificată de Erb (1887), Régis (1888) şi A. Fournier (1894). V. Magnan circumscrie delirul cronic cu evoluţie sistematică (1883); menţionăm, de asemenea, psihoza polinevritică legată de alcoolismul cronic (Korsakov, 1887) şi lucrările lui Séglas asupra tulburărilor de limbaj la alienaţi.

BOLILE NUTRIŢIEI. Diabetul zaharat a suscitat un mare număr de cercetări. În etiologia sa sînt invocate cauzele psihice, bolile generale şi cel mai adesea nervoase, precum şi traumatismele. Cu toată opoziţia medicului englez Pavy, noţiunea de glicemie, elucidată de Claude Bernard se impune: „În condiţiile exagerării proporţiilor sale apare glicozuria" (Lécorché 1877). Küssmaul (1874) este cel care clarifică cauzele reale ale complicaţiei comei diabetice sau aceto-

[28] Reflexul lui Babinski. —*C.M.*

nice, în care predecesorii lui nu vedeau decît o complicaţie secundară. Citäm, totodată, gangrena diabetică a extremităţilor (Marchal), complicaţiile respiratorii (Dreschfeld), tuberculoza pulmonară, accidentele cardiovasculare (Lécorché), renale (Griesinger, Armanni, Ehrlich, Straus). În ceea ce priveşte diabetul insipid, el este studiat îndeosebi de Foeck (1853) şi Lécorché (1877).

Reumatismul cronic suscită emulaţia cercetătorilor: Deville (1848), Broca (1850), Charcot (1853), E. Vidal (1855). Tratînd o infecţie puţin studiată pînă atunci, Charcot îşi adînceşte cercetările la Salpêtrière, unde această boală a bătrînilor săraci era foarte răspîndită — începînd din 1839. Adams, din Londra, o numea guta mizeriei. Rolul frigului şi al multor altor factori este pus în lumină. Behterev (1897) evidenţiază caracterele spondilitei anchilozante cu cifoză; P. Marie şi A. Léri (1899) descriu spondiloza rizomelică fără cifoză. Garrod demonstrează constanţa uricemiei la bolnavii de gută. Importante monografii sînt consacrate gutei de Dyce Duckworth, Richardière, Lécorché, Rendu, Ebstein etc.

APARATUL DIGESTIV. „Boli obişnuite, recunoaşte Chomel, dispepsiile scapă controlului anatomic şi sînt greu de clasificat" (1857); el propune o clasificare a dispepsiilor în: bulimice, acide, alcaline, flatulente şi prin exces de lichid.

„Se observă, scrie F. Moutier, un dublu curent care se manifestă în raport cu necesităţile tehnice: pe de o parte, se elaborează instrumentele de măsură, iar pe de altă parte, se pun la punct metode endoscopice care necesită aparate din ce în ce mai perfecţionate".

Küssmaul încearcă să pună la punct un esofagoscop şi un gastroscop care se dovedesc a fi periculoase; cu pompa stomacală (1868), începe studiul chimic al digestiei (Leube), care va fi mai cu seamă opera lui G. Hayem, singur sau în colaborare cu Winter (1893—1896), şi a lui Bouveret, la Lyon (aceeaşi epocă).

Clasificarea dispepsiilor se modifică atunci de la un autor la altul. Bouchard afirmă că staza gastrică şi insuficienţa secreţiei de acid clorhidric provoacă dispepsia (1884—1885); în legătură cu dilatarea gastrică apar lucrările lui G. Sée şi Mathieu (1884), P. Legendre (1887).

Localizările cancerului stomacal sînt studiate de Brinton (1857) şi Lebert (1859). În cursul acestor cancere, anemia de obicei se instalează, dar atunci cînd domină tabloul clinic, ea capătă numele de formă anemică a cancerului gastric (Hayem, 1879). Simptomele ulcerului duodenal au fost integrate de Bucquoy (1887). Haussmann stabileşte frecvenţa cancerului de intestin pe S-ul iliac (1882), ocluzia este obiectul unui mare număr de lucrări, începînd cu Labric (1852); Mayor, din Geneva, se consacră cercetărilor asupra sigmoiditelor (1893).

FICATUL. Prima lucrare din Franţa consacrată bolilor de ficat este traducerea lui J. Cyr (1878) a lecţiilor lui Ch. Murchison (1868), discipol al lui Graves ale cărui idei Charcot le-a popularizat în 1876. Hipertrofia ficatului (cu tumori,

abcese tropicale), icterele, îndeosebi febra cu recidive şi icter, tulburările funcţionale hepatice sînt, pentru Murchison, subiecte preferate.

Icterul grav, *fatal jaundice* al lui Budd (1845), „consecinţă, afirmă Rendu, a suprimării bruşte a funcţionării ficatului, ajunge la un rezultat fatal care se manifestă prin atrofia galbenă acută a ficatului, descrisă de Frerichs, secundară ca intensitate la toate bolile hepatice".

În 1876, Hanot publică studiul său asupra unei forme de ciroză hipertrofică a ficatului cu icter cronic şi splenomegalie: în lucrările sale, ca şi în cele ale lui Zadoc-Kahn, Chauffard, figurează încercări de regenerare în cursul cirozelor hipertrofice.

Hanot apreciază cancerul secundar al ficatului ca fiind mai frecvent decît cancerul primitiv (1888). Sînt individualizate, în mod succesiv, cancerele vezicii biliare (Bertrand, 1870), lezarea primitivă a ficatului (Gilbert, 1886), a canalului coledoc (Dieckmann, 1889), a ampulei lui Vater (Busson, 1890). Febra intermitentă hepatică a lui Monneret, Charcot (1877), numită febra bilioseptică a lui Chauffard, este semnul angiocolitei acute.

Descrierea litiazei biliare începe cu Fauconneau-Dufresne (1851) şi continuă cu Trousseau şi Charcot. Teoria infecţioasă a litiazei se întemeiază pe constatările lui Galippe (1866), Naunyn (1891) etc. Degenerescenţa ficatului este observată în toate bolile infecţioase: holeră, febră tifoidă, septicemie puerperală, variolă, scarlatină. Rokitansky, Meckel (1853), Virchow (1854) atrag atenţia asupra caracterelor anatomice şi etiologice ale degenerescenţei amiloide. În icterele cronice prin retenţie, legea lui Courvoisier (1890) şi Terrier (1892) opune atrofia vezicii biliare în litiază, dilatării prin compresie în cazul cancerului de cap de pancreas.

GLANDE CU SECREŢIE INTERNĂ. După Segre (din Milano), Bard şi Pic (Lyon, 1888), în cursul cancerului de pancreas, la culoarea măslinie a bolnavului se adaugă caşexia rapidă, semne coprologice, fenomene dureroase. Alterările pancreatice în diabet au fost semnalate de Bright, Chopart, Bouchardat şi, după o tăcere îndelungată, în 1877, Lancereaux vede în leziunile pancreatice cauza diabetului cu slăbire şi cu evoluţie rapidă; extirparea glandei provoacă diabetul la animal (Mering şi Minkowski, 1881; E. Hédon, 1892). Aşa s-a admis că acest diabet este legat de o viciere a unei funcţii pancreatice: secreţia internă. Laguesse (1898) demonstrează că aceasta este localizată în insulele descrise în 1869 de Langerhans.

Chirurgii suedezi J.L. Reverdin (1882), Kocher (1893), specialişti în chirurgia guşei, atrag atenţia asupra caşexiei strumiprive care urmează după ablaţiunea guşei şi o leagă de insuficienţa tiroidiană. Gull, Charcot şi Ballet, Ord observă această caşexie care capătă numele de mixedem. Reverdin şi Kocher demonstrează că tetania postoperatorie se datoreşte ablaţiunii accidentale a glandelor paratiroide. Tabloul clinic al guşei exoftalmice, datorat mai cu seamă lui R.L. Graves (1835), după Parry (1825) şi înainte de Basedow (1840), nu este cunoscut în Franţa decît după prezentarea lui Charcot (1856). Claude Bernard a demonstrat rolul simpaticului în sindromul observat (dilatarea pupi-

lei, tahicardie, exoftalmie). P. Marie a pus în evidență tremurăturile. Același autor a dat numele de acromegalie (1885) unei tumori hipofizare care determină „o hipertrofie neobișnuită" și creșterea membrelor. În 1855, la Guy's Hospital din Londra, Addison observă culoarea bronzată a tegumentelor[29], epuizarea extremă a bolnavilor care decedează datorită acestei boli și la autopsia cărora se găsesc leziuni ale capsulelor suprarenale. Brown-Séquard (1856), Abelous și Langlois (1892) confirmă experimental datele clinice. Émile Sergent și Léon Bernard atrag atenția asupra insuficienței renale acute (1898).

UROLOGIE ȘI RINICHI. Introducerea cistoscopiei (Nitze, 1885) transformă situația în patologia vezicală și lasă mult în urmă încercările endoscopice ale lui Désormeaux (1865), Cruise (din Dublin), Bruck (1867). Au fost depistate: bolile prostatei, unele abcese, tuberculoza, hipertrofia, cancerul. Guyon introduce asepsia și antisepsia în urologie. Analiza urinelor, normale și patologice, se bucură de un interes din ce în ce mai mare din partea lui Ollivier și Bergeron, Gubler (1865), în timp ce lucrările din sfera patologiei renale se înmulțesc.

SPECIALITĂȚILE MEDICALE. Laringologia evoluează, grație oglinzii folosite de dentiști, și care a fost preluată de Manuel Garcia, profesor de canto la Londra și folosită pentru studierea laringelui (1854); introducerea diapazonului în cercetarea etiologică a surdității se datorește lui Bonnafont, elev al lui Itard, iar lucrarea cea mai remarcabilă în legătură cu aplicarea acestei metode aparține lui Bezold, din München: diminuarea percepției pentru sunetele joase în leziunile urechii medii, abolirea înregistrării sunetelor înalte în leziunile labirintice. Meyer, din Copenhaga, atrage atenția asupra vegetațiilor adenoide, cauză a otitei medii, a surdității și a insuficienței respiratorii la copii (1874).

OFTALMOLOGIE. Oftalmoscopul lui Helmholtz (1861) metamorfozează oftalmologia care, ca și otorinolaringologia, a beneficiat de anestezia locală și de descoperirile pasteuriene.

DERMATOLOGIE. Bazin reunește clasificările dermatologice făcute de Willan, Alibert și Plenck, și acordă un rol important unei diateze ale cărei caractere sînt extinderea treptată a leziunilor și tendința lor recidivă. Clasificarea lui Hebra: hiperemii, anemii, tulburări secretorii, hipertrofie (1845), a rămas timp îndelungat clasificarea dominantă. Unna, din Hamburg (1850 — 1924), a pus bazele histologiei patologice.

CANCEROLOGIE. La legea lui Müller, citată anterior, se adaugă alte două legi: *a*) celulele neoplazice ale unei tumori provin, prin filiație indirectă, din celulele preexistente (Remak, Virchow, 1852); *b*) Există în neoplasme o specificitate celulară: un țesut nu poate da naștere decît unei tumori de structură histologică identică (Waldeyer, 1870); Bard, 1890). *Omnis cellula e cellula*, spunea Virchow; Bard adaugă: *ejusdem naturae*.

[29] De unde numele de „maladia bronzată a lui Addison".—*C.M.*

ORTOPEDIE. Începînd din 1840, ortopedia iese din umbră. Deformările congenitale sau dobîndite ale membrelor şi ale coloanei vertebrale au fost expuse, diferenţiate şi, pe cît posibil, tratate. Printre ele, luxaţia congenitală a şoldului a ocupat un loc important în preocupările cercetătorilor; dar, în afară de rolul eredităţii şi al unei malformaţii, nici teoria lui Reclus-Verneuil (1878, 1890), care afirma natura sa congenitală, nici leziunea nervoasă invocată de Lannelongue, nu par suficiente pentru a o explica. Tuberculoza articulară a făcut, după reumatism, obiectul experienţelor contradictorii ale lui M. Schüller (1878), Lannelongue şi Achard (1899). Tehnica aparatelor cu ghips se datoreşte lui Anthonius Mathijsen (1852).

BOLI INFECŢIOASE ŞI PEDIATRIE. Simptomele şi semnele premonitorii ale maladiilor infecţioase şi contagiozitatea acestor boli au preocupat timp îndelungat pe medici. Printre stările prodromale se evidenţiază angina reumatismală (Lasègue, 1868), tahicardia (Trousseau, Ch. Fiessinger), angina roşie care precede erupţia în scarlatină (Cadet din Gassicourt etc.); simptomul lui Koplik (New York, 1896), care anunţă rujeola, erupţiile care anunţă variola. Îşi fac loc opinii diferite în legătură cu propagarea rujeolei, în legătură cu perioada de contagiozitate a scarlatinei, a difteriei şi a variolei. Rubeola se situează pe un loc important printre bolile eruptive începînd din 1881 şi Talamon (1890) o deosebeşte de rujeolă, de asemenea şi varicela de variolă.

Termenul de eredosifilis este aplicat atît fetusului purtător al germenilor specifici expulzat înainte de termen, cît şi anumitor manifestări tardive: cranio-tabes, pseudo-paralizia lui Parrot (1869), leziuni cardiovasculare, sarcocel, triada lui Hutchinson (1861): cheratită, surditate, scobirea semilunară a marginii incisivilor superiori, scobirea circulară a caninului.

În timp ce se discută despre forma de tuberculoză cea mai frecventă la copil, Trousseau semnalează că astmul debutează în copilărie. Se studiază, de asemenea, evoluţia temperaturii în cursul bronhopneumoniei, la fel ca şi leziunile pneumoniei lobulare şi frecvenţa infecţiilor pneumococice postpneumonice sau independente de pneumonie.

Rokitanski din Viena încearcă să clasifice cardiopatiile congenitale (1875); comunicarea interventriculară nu este însoţită de cianoză, afirmă H. Roger (1875) iar cardiopatiile cu cianoză, arată Fallot (1888), ţin de leziunile asociate. Weill, West şi Henoch leagă pericarditele idiopatice de reumatismul articular şi Weill opune simfiza cardiacă reumatismală simfizei tuberculoase. Numeroşi autori insistă asupra frecvenţei miocarditei în febra tifoidă, în difterie, în variolă, de-a lungul copilăriei. Splenomegalia este adăugată de către Still (1897) tabloului reumatismului infecţios cronic al copilului care se manifestă cu adenopatii la adult. După Thiercelin, decrepitudinea nounăscutului, denumită atrepsie, se datorează unor cauze multiple. În timp ce Barlow se ocupă de scorbutul infantil (1883), americanul Dunn, apoi Lünbeck şi Mesnet studiază hemofilia şi unele dintre consecinţele sale. Cassaët (1896) este autorul unei lucrări clasice asupra peritonitei cu pneumococi. Ascita la fetele tinere, spasmul glotic la sugari, moartea prin hipertrofia timusului formează, de asemenea, obiectul unor studii importante.

Weichselbaum descoperă (1887) că meningococul este agentul patogen al meningitei cerebrospinale. Bourneville şi Brissaud reunesc sub numele de scleroză tuberoasă a creierului diversele cazuri de degradare a intelectului. Tumorile cerebrale formează obiectul a numeroase studii, în timp ce d'Espine şi Picot arată că epilepsia se disimulează timp îndelungat sub forma de „petit mal" (1889). Natura, localizarea, descrierea de ansamblu a meningitei tuberculoase sînt studiate de Lediberder (1833), Fabre şi Constant, Rilliet şi Barthez; Bouchut adaugă la tabloul clinic prezenţa tuberculilor coroidieni evidenţiaţi cu ajutorul oftalmoscopului. În 1861, sînt izolate: diplegia englezului Little şi maladia lui Friedrich; Saint-Philippe descrie isteria infantilă şi creează perspectiva definirii ei clare.

INTOXICAŢII. Diversele aspecte ale saturnismului constituie obiectul unor importante cercetări făcute de Tanquerel des Planches, Grisolle, Charcot, Duchenne şi Lancereaux în Franţa, de Garrod în Anglia, de Traube în Germania. *Traité des empoisonnements* al lui Tardieu (1867) sintetizează lucrările referitoare, în special, la intoxicarea cronică cu opiu, arsenic, fosfor.

TERAPEUTICĂ. Practicile timpurilor trecute persistă, cu toată opoziţia categorică a lui Trousseau, Pidoux şi C. Paul (1876). După ce a condamnat sîngerările şi vomitivele, Talamon recunoaşte (1896) că revulsivele[30] au „rezistat la toate atacurile şi la toate teoriile". Arsenalul terapeutic s-a îmbogăţit; totuşi, timpul de meditaţie dintre descoperire şi aplicare nu se reduce decît puţin cîte puţin. Aspirina, descoperită în 1853 (Gerhardt, Germania), nu pătrunde în practică decît în 1899; strofantul, semnalat de Touchard (1864), este utilizat de Dujardin-Beaumetz şi Bucquoy ca un tonic cardiac (1885), strofantina însă, extrasă de Fraser (1869), este considerată ca periculoasă de Potain; hexametilen-tetramina lui Butlerov (1860) nu este utilizată ca substanţă diuretică şi antiinfecţioasă decît după revenirea ei din Germania sub denumirea de urotropină; administrarea bromurii de potasiu este recunoscută de englezul Locock (1851) ca o medicaţie specifică în epilepsie. Kohle şi Lautemann folosesc acidul salicilic contra infecţiilor (1875), Stricker contra reumatismului articular acut (1876), în timp ce G.Sée îl înlocuieşte cu salicilatul de sodiu. C. Crédé, din Leipzig, introduce folosirea nitratului de argint în soluţie, contra oftalmiei nou-născuţilor (1884) şi frecţiile pe bază de argint coloidal împotriva infecţiilor (1897); începînd din 1902, colargolul este răspîndit de Netter... Injecţia intravenoasă a unei soluţii de clorură de sodiu, introdusă în tratamentul împotriva holerei de Joenichen (Moscova, 1832), este reluată de numeroşi autori, printre care şi Hayem (1884). Folosirea prafului de digitalină este proslăvită de Trousseau şi Pidoux în terapeutica cardiacă, dar acest medicament este curînd înlocuit de digitalina cristalizată, preparată în 1871, de Nativelle. Monneret (1849) preconizează utilizarea subnitratului de bismut în afecţiunile gastrointestinale.

[30] Substanţe cu acţiune vezicantă, folosite ca mijloc terapeutic în unele afecţiuni. —*N.T.*

Ca urmare a unor observaţii atente, Brandt, din Stettin, inaugurează un tratament hidroterapic şi psihoterapic al febrei tifoide care cunoaşte un binemeritat succes. Introdusă în Franţa de Glénard, acestei metode i se aduc ulterior modificări importante.

Invenţia seroterapiei zdruncină metodele vechi. Primul ser este cel antitetanic, care reuşeşte mai cu seamă în acţiuni preventive (Behring şi Kitasato, 1890; Roux şi Vaillard, 1893; Nocard). Roux şi Yersin fabrică seruri antipestoase (1894) şi antidifterice (1898); acesta din urmă reduce în mod considerabil mortalitatea; urmează serul antistreptococic al lui Marmorek (1895) şi serul antidizenteric al lui Shiga (1898).

Seegen în Germania, Cantani în Italia şi Bouchardat în Franţa prescriu un regim alimentar fără glucide în cazurile de diabet zaharat.

Cura de aer îşi face apariţia în tratamentul tuberculozei (Brehmer, 1856; Dettweiller, 1880). Adevărate hecatombe sînt provocate de afirmaţia imprudentă a lui Koch (1890) care credea că tuberculina ar vindeca tuberculoza pulmonară incipientă. În 1894, Forlanini, din Pavia, provoacă repausul plămînului bolnav prin pneumotorax artificial intrapleural.

Singurul remediu împotriva cancerului rămîne ablaţiunea, dar cauterizarea tumorilor este încercată de Nélaton (1850) cu ajutorul galvanocauterului lui Heider (1844). Paquelin utilizează termocauterul său (1875) pentru revulsia artritelor cronice şi a nevritelor. Numeroase alte medicaţii intră în terapeutică: creozotul, vomitive, lăcrămioara, sparteina, nitritul de amil, vinul diuretic de la Charité sau de la Hôtel-Dieu, iodura de potasiu, beladona, lobelin, curara, ezerina, hiosciamina, cloralul, ergotina, clorura de calciu etc.

MEDICINA LEGALĂ. Ambroise Tardieu (1818) dezbate în mod magistral problemele avortului, infanticidului, spînzurării, strangulării etc. P. Brouardel (1837—1906) angajează medicina legală pe un drum foarte prudent, în timp ce Lacassagne (1843—1924), din Lyon, studiază influenţa mediului asupra criminalilor, iar în Italia, Cesare Lombroso (1836—1909) suscită polemici vii prin emiterea teoriei criminalului înnăscut. Semnalăm, de asemenea, lucrările alieniştilor Legrand du Saulle şi J. Falret, precum şi studiile lui Lasègue — şi ele foarte apreciate — asupra responsabilităţii juridice a alienaţilor şi delirul prin acces.

IGIENĂ. Eroina Florence Nightingale (1820—1910) este, în Anglia, reformatoarea spitalelor, a ospiciilor, a azilurilor, a închisorilor, creatoarea corporaţiilor de infirmiere, chemate să servească în timp de pace ca şi în timp de război. În Franţa, Michel Lévy, antrenat de mişcarea ştiinţifică şi de ideile sociale din anii 1848, reacţionează împotriva neglijării de către organele publice a igienei şi salubrităţii, în remarcabilul său *Traité d'hygiène publique et privée* (1858); evitînd supraaglomerarea sălilor în spitalul din Val-de-Grâce, el reduce mortalitatea cu prilejul unei epidemii de holeră. Este, totodată, pro-

motorul revaccinării obligatorii împotriva variolei, în armată. Această vaccinare a devenit inofensivă graţie adăugării de glicerină care suprimă germenii şi permite transportul la mare distanţă (Sacquépée, Lyon, 1896).

LUPTA CONTRA BOLILOR INFECŢIOASE. Pentru a lupta împotriva holerei[31], Proust preconizează să se îndrepte „toată vigilenţa administraţiei sanitare spre frontiere". Parkes (Londra) şi Pruner (Cairo) sînt de părere că este necesară lupta pentru asanarea oraşelor. Combaterea şobolanilor ciumaţi începe după ce a fost descoperit bacilul lui Yersin (1894); în 1891, Monod arată că distribuţia publică a apei potabile reduce mortalitatea cauzată de febra tifoidă. Profilaxia paludismului şi lupta împotriva ţînţarului anofel prin desecarea mlaştinilor şi prin culturi de eucalipt au fost îndelung studiate şi transpuse în practică.

MEDICINA SOCIALĂ. Jules Guérin o defineşte, în 1848, ca „medicină pusă în slujba societăţii". Se va spune mai tîrziu că ea „este o unire fericită între igienă şi clinică" şi, de asemenea, „legătura dintre igiena socială şi politica socială" (R. Sand). În 1848, Boudin elaborează un vast program: „A lupta împotriva mortalităţii în creştere..., trebuie aer respirabil, alimentaţie abundentă, ameliorarea igienei în armată şi în marină". O epidemie de holeră, în 1851, suscită reunirea, la Paris, a primei conferinţe internaţionale şi, în 1874, este creat un secretariat permanent însărcinat să centralizeze informaţiile referitoare la epidemii. În Silezia infestată de febră tifoidă, Virchow descoperă influenţa nocivă a condiţiilor grele de trai ale ţesătorilor. „Medicii, afirmă el, sînt avocaţii fireşti ai săracilor, şi chestiunea socială ţine în mare parte de jurisdicţia lor". Dar în S.U.A., unde reglementările de igienă socială sînt stabilite de diverse state, legislatorii, după cum relevă Shryock, au văzut cîtva timp în apelurile corpului medical „nişte maşinaţii urzite în vederea preeminenţei sale şi a intereselor sale personale".

Medicina prenatală îşi face apariţia în 1890, cînd Adolphe Pinard creează primul dispensar matern la maternitatea Baudelocque; el este urmat de Sencer (Londra, 1891) şi Ballantyne (Edinburgh, 1901).

În Anglia, Oficiul general al sănătăţii publice este creat în 1848; în Franţa, Littré cere crearea lui în 1858. Oficii analoge sînt înfiinţate în diverse state din S.U.A., începînd din 1855. M. von Pettenkoffer fundează, în 1866, primul Institut de igienă la München şi creează termenul de igienă socială, dar subestimează importanţa microbilor. În Franţa, medicii deputaţi determină votarea legilor cu privire la protecţia copilului (1874), organizarea asistenţei medi-

[31] La noi în ţară, „dr. I. Cantacuzino (1863—1934) a preparat ser antiholeric în institutul care astăzi îi poartă numele. Bunicul său, generalul Nicolae Mavroş, aghiotantul generalului Kisseleff, a instituit carantina contra holerei, care pe vremea aceea era foarte frecventă. Iar dr. Carol Davila şi Gutovski au făcut parte din Consiliul Medical al Principatelor (1854), care a instituit măsuri profilactice împotriva holerei. — *C.M.*

cale gratuite (1893), responsabilitatea pentru accidentele de muncă (1898). În sfîrșit, legea din 15 februarie 1902 cu privire la sănătatea publică sintetizează diversele eforturi depuse în cursul acestei perioade.

■

ÎN ZORII SECOLULUI AL XX-LEA. În ce limite vor situa istoricii viitorului secolul al XIX-lea? În realitate, tranziția pare insesizabilă. Deja în jurul anilor 1897—1900, se putea prevedea că știința medicală, fără a înceta să fie anatomoclinică, se va sprijini din ce în ce mai mult pe datele bacteriologiei și ale metodelor de laborator, la al căror concurs simt necesitatea să recurgă — tot atît de imperios — chirurgia și diverse alte specialități. Dezvoltarea radiologiei este deja asigurată în ochii și în spiritul celor care aveau încredere în viitor, și ei își vor vedea chiar depășite speranțele. În tuberculoza pulmonară, se va impune era radioanatomoclinică; gastroenterologia, cardiologia, afecțiunile articulare și osoase vor beneficia pe larg de descoperirea radiațiilor Röntgen. Pe de altă parte, fapte cunoscute, dar izolate vor căpăta o importanță nebănuită. Înregistrarea, de către fiziologul englez Caton, a unui curent electric la suprafața unui animal de experiență (1875), duce, în 1902 la electroencefalograma lui Hans Berger. Impulsionată de Magendie (1839), Flexner (1894), anafilaxia lui Charles Richet și Portier (1902) va deveni o noțiune fecundă.

Este ușor, în era antibioticelor, să alături verigile care se leagă de descoperirile cele mai moderne — reflecțiile geniale ale lui Roberts (1874), Tyndall (1876), Pasteur și Joubert (1877) și teza lui Duchesne (Lyon, 1897—1898) referitoare la antagonismul dintre microbi și mucegaiuri —, dar nimic nu lăsa să se întrevadă această evoluție. Cînd Marie și Pierre Curie descoperă elementele poloniu și radiu (1898), bănuiesc ei oare că vor genera mari speranțe, în special în terapeutica încă inaccesibilă a cancerului? Trecînd bariera fragilă a lui decembrie 1899, găsim de cuviință să citățm pe Landsteiner, care demonstrează că „amestecarea sîngelui a doi indivizi din aceeași specie este urmată uneori de o aglutinare" (A. Tétry). În 1903, Leishman și Donovan descoperă agentul kala-azar-ului; Pavlov face, la Madrid, prima sa comunicare asupra reflexelor condiționate, iar electrocardiografia olandezului Einthoven va popula domeniul cardiologiei cu date nebănuit de prețioase.

Această analiză a progreselor spectaculare intervenite, în cursul secolului al XIX-lea, în domeniul științelor medicale încheie privirea de ansamblu aruncată aici asupra evoluției diferitelor științe în cursul acestei perioade.

Dacă o asemenea schiță a putut părea destul de complexă și întrucîtva tehnică anumitor cititori care subestimau amploarea operei științifice din secolul anterior, este probabil, dimpotrivă, ca alții, familiarizați cu diversele aspecte ale științei actuale, să fi apreciat această expunere ca fiind rapidă și schematică — cel puțin în ceea ce privește propria lor specialitate — și să regrete că nu am semnalat mai în detaliu cutare descoperire, cutare curent de cercetări ori opera cutărui savant.

Nu am ignorat aceste pericole cînd am abordat elaborarea volumului și fiecare dintre colaboratori a putut să aprecieze dificultățile unei asemenea acțiuni. Fără a spera să putem răspunde în întregime dorințelor contradictorii, și deseori incompatibile, ale diverselor tipuri de public, am voit să facem un bilanț destul de detaliat al evoluției diferitelor științe în cursul unui secol deosebit de bogat în inovații de tot felul, și am încercat să-l realizăm evitînd orice tehnicitate care nu era indispensabilă.

Sperăm că tabloul de ansamblu astfel realizat răspunde, în măsura posibilului, acestui obiectiv și că o asemenea descriere sintetică a uneia dintre marile etape ale istoriei științei a putut aduce fiecăruia elemente utile de documentare și de reflecție. Cele cîteva capitole care urmează vor amplasa această evoluție într-un context mai general și vor aduce informații complementare asupra anumitor aspecte ale vieții științifice care rămîn încă, în cursul acestei perioade, la periferia mișcării de ansamblu, centrate în Europa occidentală.

CADRUL ISTORIC

R. SCHNERB, *Histoire générale des civilisations*, ed. a 2-a, vol. VII, *Le XIX-e siècle*, Paris, 1957.
G. LEFEBVRE, *La Révolution française*, ed. a 2-a, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XIII, Paris, 1957.
IDEM, *Napoleon*, ed. a 4-a, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XIV, Paris, 1953.
F. PONTEIL, *L'éveil des nationalité et le mouvement liberal (1815—1848)*, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XV, Paris, 1960.
CH.POUTHAS, *Démocraties et capitalisme (1848—1860)*, ed. a 2-a, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XVI, Paris, 1948.
H.HAUSER, J. MAURAIN, P. BENAERTS, F. L'HUILLIER, *Du libéralisme à l'impérialisme (1860—1878)*, ed. a 2-a, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XVII, Paris, 1952.
M.BAUMONT, *L'essor industriel et l'imperialisme colonial (1878—1904)*, ed. a 2-a, în colecția „Popoare și civilizații", vol. XVIII, Paris, 1949.
J. PIRENNE, *Les grands courants de l'histoire universelle*, vol. IV, *De la Révolution française aux Révolutions de 1830*, Paris, 1951; vol. V, *De 1830 à 1904*, Paris, 1953.
CH. MORAZÉ, *Les bourgeois conquérants*, în colecția „Destinele lumii", vol. IX, Paris, 1957.
L. VILLAT, *La Révolution et l'empire*, în colecția „Clio", vol. VIII, Paris, 1957.
COLECTIV, *L'époque contemporaine (1815—1919)*, în colecția „Clio", vol. IX, Paris, 1960.
D.DONATI și F.CARLI, *L'Europa nel secolo XIX*, vol. III, *Le scienze*, Padova, 1932.

BIBLIOGRAFIE

G.SARTON, *Horus, a Guide to the History of Science and Civilization*, Waltham (Mass.), 1952.
F.RUSSO, *Histoire des sciences et des techniques: bibliographie*, Paris, 1954.
J.C.POGGENDORFF, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften*, vol. 2, Leipzig, 1863; vol. 3 (1858—1883), 1886; vol. 4 (1883—1903), 1904.
****Catalogue of Scientific Papers (1800—1900)*, 19 vol., Royal Society of London, Cambridge, 1867—1925.
Bibliografie periodică publicată de „Bulletin signalétique du C.N.R.S." (Paris) și de revista „Isis" (S.U.A.).

ȘTIINȚĂ, FILOZOFIE ȘI SOCIETATE

E.BREHIER, *Histoire de la philosophie*, fasc. 6 și 7, Paris, 1948—1953.
L.T.MERZ, *A History of European Thought in the 19th Century*, 4 vol., Edinburgh, 1896—1914.
A.D.WHILE, *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom*, 2 vol., New York, 1896.
F.A. LANGE, *Geschichte der Materialismus*, ed. a 9-a, vol. II, Leipzig, 1915.
G.SARTON, *The History of Science and the New Humanism*, New York, 1931.
A.N. WHITEHEAD, *Science and the Modern World*, Cambridge, 1925.
G.H. MEAD și M.H.MOORE, *Movements of Thought in the Nineteenth Century*, Chicago, 1936.
G. BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, 1938.
IDEM, *Le matérialisme rationnel*, Paris, 1953.
J.G. CROWTHER, *The Social Relations of Science*, Londra, 1941.
B.A.W. RUSSELL, *A History of Western Philosophy*, Londra, 1946.
J.B. CONANT, *On Understanding Science*, New York, 1947.
W.P.D. WIGHTMAN, *The Growth of Scientific Thought...*, ed. a 2-a, New York, 1950.
H. DINGLE, *The Scientific Adventure*, Londra, 1952.
J.D. BERNAL, *Science in History*, Londra, 1954.
B. RUSSELL, *The Impact of Science on Society*, New York, 1956.

ȘTIINȚĂ ȘI TEHNICĂ

P. BIGOURDAN, *Le système métrique*, Paris, 1901.
P. DUNSHEATH, *A Century of Technology*, Londra, 1951.
L. MUMFORD, *Technique et civilisation* (trad. fr.), Paris, 1951.
L. LEPRINCE-RINGUET, ed., *Les inventeurs célèbres*, Paris, 1951.
A.P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, ed. a 2-a, Harv. Univ. Press, 1954.
CH. PINGER, E.J. HOLMYARD, A.R. HALL și T.I. WILLIAMS, ed., *A History of Technology;* vol. IV, *The Industrial Revolution* (c. 1750—c.1850), Londra, 1957; vol. V, *The Late Nineteenth Century* (c.1850—c. 1900), 1958.

ISTORIA ȘTIINȚEI ÎN GENERAL

W.WHEWELL, *History of the Inductive Sciences*, 3 vol., Londra, 1837.
A.DE CANDOLLE, *Histoire de sciences et des savants depuis deux siècles*, Geneva, 1873.
F. DANNEMANN, *Die Naturwissenschaften in ihrer Entwicklung...*, 4 vol., Leipzig, 1920—1923.
A. BORDEAUX, *Histoire des sciences aux XIX-e siècle*, Paris, 1920.
E. PICARD etc. și M. CAULLERY, *Histoire des sciences en France*, 2 vol., Paris, 1924.
R.H. MURRAY, *Science and Scientists in the Nineteenth Century*, Londra, 1925.
M. CAULLERY, *La science française depuis le XVII-e siècle*, Paris, 1933.
H.TH. PLEDGE, *Science since 1500*, Londra, 1939.
P. ROUSSEAU, *Histoire de la science*, Paris, 1945.
W.C. DAMPIER, *Histoire de la science et de ses rapports avec la philosophie et la religion* (trad. fr.) Paris, 1951.
H. DINGLE, *A Century of Science*, Londra, 1951.
J.D. BERNAL, *Science an Industry in the Nineteenth Century*, Londra, 1953.
S.F. MASON, *Histoire des sciences*, Paris, 1957.
D.PAPP și J. BABINI, *Las ciencias exactas en el siglo XIX*, Buenos Aires, 1958.
CH. SINGER, *A Schort History of Scientific Ideas to 1900*, Oxford, 1959.
CH.C. GILLISPIE, *The Edge of Objectivity*, Princeton, 1960.
PH. LENARD, *Grasse Naturforscher*, München, 1929.
J.G. CROWTHER, *British Scientists of the Nineteenth Century*, Londra, 1935.
E. FUETER, *Grosse Schweizer Forscher*, Zürich, 1941.
S. LINDROTH, ed., *Swedish Men of Science*, Stockholm, 1952. Omagii academice lui Cuvier, Arago, J.-B. Deimas, J. Bertrand, E. Picard, L. de Broglie etc.

PRIMA PARTE: MATEMATICA

OPERE GENERALE

D.E. SMITH, *A Source Book in Mathematics*, New York, 1929.
J.R. NEWMAN, ed., *The World of Mathematics*, 4 vol., New York, 1956.
F. MÜLLER, *Führer durch die mathematische Literatur*, Leipzig, 1909.
G. LORIA, *Guida allo studio della storia delle matematiche*, ed. a 2-a, Milano, 1946.
G. SARTON, *The Study of the History of Mathematics*, Harv. Univ. Press, 1936.
J.-B. DELAMBRE (și S. -F. LACROIX), *Rapport historique sur le progrès des sciences mathématiques depuis 1789...*, Paris, 1810.
A. MACFARLANE, *Lectures on ten British Mathematicians of the Nineteenth Century*, New York, 1916.
F. CAJORI, *History of Mathematics*, ed. a 2-a, New York, 1919.
D.E. SMITH, *History of Mathematics*, ed. a 2-a, 2 vol., Boston, 1923—1925.
F. KLEIN, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert*, 2 vol., Berlin, 1926—1927.
W.W. ROUSE BALL, *Histoire des mathématiques* (trad. fr.), 2 vol., Paris, 1927.
G. KOWALEWSKI, *Grösse Mathematiker*, München, 1928.
N. NIELSEN, *Géomètres français sous la Révolution*, Paris, 1929.

G. PRASAD, *Some Great Mathematicians of the Nineteenth Century*, 2 vol., Benares, 1933—1934.
P. MONTEL, ed., *Les mathématiques*, în *Enciclopédie française*, vol. I, Paris, 1937.
E.T. BELL, *Les grands mathématiciens*(trad. fr.), Paris, 1939.
IDEM, *The Development of Mathematics*, ed. a 2-a, New York, 1945.
L. BRUNSCHVICG, *Les étapes de la philosophie mathématique*, ed. a 4-a, Paris, 1947.
F. LE LIONNAIS, ed., *Les grands courants de la pensée mathématique*, Paris, 1948.
D.J. STRUIK, *A Concise History of Mathematics*, 2 vol., New York, 1948.
R.C. ARCHIBALD, *Outline of a History of Mathematics*, ed. a 6-a, Amer. Math. Monthly, 1949.
G. LORIA, *Storia delle matematiche*, ed. a 2-a, Milano, 1950.
P. BOUTROUX, *L'idéal scientifique des mathématiciens*, ed. a 2-a, Paris, 1955.
M.D'OCAGNE, *Histoire abrégée des sciences mathématiques*, Paris, 1955.
O. BECKER și J.E. HOFMANN, *Histoire des mathématiques* (trad. fr.), Paris, 1956.
R.E. MORITZ, *On Mathematics and Mathematicians*, New York, 1958.
H. LEBESGUE, *Notices d'histoire des mathématiques*, Paris, 1958.
F. CAJORI, *A History of Mathematical Notations*, 2 vol., Chicago, 1928—1929.
J. TROPFKE, *Geschichte der Elementar-Mathematik*, ed. a 2-a, 7 vol., Berlin, 1921—1924 (ed. a 3-a, vol. I—IV, 1930—1940).
*** *Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées*, Paris și Leipzig 1904—1914; toate fasciculele apărute conțin importante precizări istorice referitoare la subiectele tratate (cf. F. RUSSO, *Bibliographie...*, 1956, p. 120). Opere complete: vezi LORIA, *Guida...*, pp. 204—16 și G. SARTON, *The Study of the History of Mathematics*, pp. 70—98.

ALGEBRĂ ȘI GEOMETRIE

TH. MUIR, *The Theory of Determinants...*, 4 vol. și supl., Londra, 1906—1930.
A. VON BRAUNMÜHL, *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie*, vol. II, Leipzig, 1903.
A. BRILL și M. NÖTHER, *Die Entwicklung der Theorie der algebraischen Funktionen in älterer und neuerer Zeit*, în „Jahresbericht d. deutscher Math. Verein.", III, 1892—1893.
G. VERRIEST, *Les nombres et les espaces*, Paris, 1951.
E. SCHRÖDER, *Vorlesungen über die Algebra der Logik*, 3 vol., Leipzig, 1890—1895.
L. COUTURAT, *De l'infini mathématique*, Paris, 1896.
IDEM, *Les principes des mathématiques*, Paris, 1906.
B. RUSSELL, *Principles of Mathematics*, vol. I, Cambridge, 1903.
P.E.B. JOURDAIN, *The Nature of Mathematics*, Londra, 1913.
F. ENRIQUES, *Per la storia della logica*, Bologna, 1922 (trad. fr., 1926).
A. CHURCH, *A Bibliograph of Symbolic Logic*, în „Journ. of Symb. Logic" (1936 și 1938).
J. CAVAILLÈS, *Méthode axiomatique et formalisme*, 3 vol., Paris, 1938.
T. DANTZIG, *Henri Poincaré, Critic of Crisis*, New York, 1954.
M. CHASLES, *Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géométrie*, ed. a 2-a, Paris, 1875.
IDEM, *Rapport sur les progrès de la géométrie*, Paris, 1870.
G. DARBOUX, *Étude sur le développement des méthodes géométrique*, în „Bul. sci. math.", 1904.
G. LORIA, *Il passato e il presente delle principali teorie geometriche*, ed. a 4-a, Padova, 1931.
J.L.. COOLIDGE, *A History of Geometrical Methods*, Oxford, 1940.
J.L.. COOLIDGE, *A History of the Conic Sections and Quadric Surfaces*, Oxford, 1945.
M. SIMON, *Über die Entwicklung der Elementar-Geometrie im XIX Jahrhundert*, Leipzig, 1906.
F.J. OBENRAUCH, *Geschichte der darstellenden und projektiven Geometrie*, Brünn, 1897.
E. KÖTTER, *Die Entwicklung der synthetischen Geometrie...*, în „Jahresbericht d.deutsch. Math. Verein", vol. V, 1898—1901.
F. AMODEO, *Origine e sviluppo della geometria proiettiva*, Napoli, 1939.
F. ENGEL și P. STÄCKEL, *Die Theorie der Parallellinien...*, Leipzig, 1895.
IDEM, *Urkunden zur Geschichte der nichteuklidischen Geometrie*, 2 vol., Leipzig, 1898—1913.

R. BONOLA, *La geometria non-euclidea*, Bologna, 1906.
D.M.Y. SOMMERVILLE, *Bibliography of non-euclidean Geometry*, Londra, 1911.
M. PASCH și M. DEHN, *Vorlesungen über neuere Geometrie*, ed.a., Berlin, 1926.
M. JAMMER, *Concepts of Space*, Harv. Univ. Press, 1954.
G. LORIA, *Perfectionnements, évolution..., du concept de coordonnées*, în „Osiris", vol. VIII, 1948.
C.B. BOYER, *History of analytic Geometry*, New York, 1951.
G. LORIA, *Curve piane speciali...*, 2 vol., Milano, 1930.
IDEM, *Curve sghembe...*, 2 vol., Bologna, 1925.
F. AMODEO, *Sintesi storico-critica della geometria delle curve algebriche*, Napoli, 1945.
D.J. STRUIK, *Outline of a History of a differential Geometry*, în „Isis", vol. 19 și 20, 1933—1934.
TRIBOUT, *Biografii Poncelet*, Paris, 1936.
L. KOLLROSS, *Steiner*, Basel, 1947.
M. NOETHER, *Von Staudt*, 1923.
V.F. KAGAN, *Lobacevski*, Moscova, 1948.
P.G. STÄCKEL, *Bolyai*, Leipzig, 1913.
W. ERNST, *Plücker*, Bonn, 1933.
F. ENGEL, *Lie*, 1899.
E. LEBON, *Darboux*, Paris, 1910.
G. FUBINI, *Bianchi*, 1929.

ANALIZA ȘI TEORIA NUMERELOR

E. PICARD, *Sur le développement de l'analyse...*, în „Bul. Sci. Math.", 1904.
H. POINCARÉ, *L'état actuel et le développement de la physique mathématique*, în „Bul. Sci. Math.", 1904.
P. BOUTROUX, *Les principes de l'analyse mathématique*, 2 vol., Paris, 1914—1919.
L. GEYMONAT, *Storia e filosofia dell'analisi infinitesimale*, Torino, 1947.
O. TOEPLITZ, *Die Entwicklung der Infinitisimalrechnung*, Berlin, 1949.
C.B. BOYER, *The Concepts of the Calculus*, ed. a 2-a, New York, 1949.
R. REIFF, *Geschichte der unendlichen Reihen*, Tübingen, 1889.
A. ENNEPER, *Elliptische Funktionen. Theorie und Geschichte*, Halle, 1890.
I. TODHUNTER, *History of the Calculus of Variations...*, Cambridge, 1861.
M. LECAT, *Bibliographie du calcul des variations...*, Gand, 1916.
R. POIRIER, *Le nombre*, Paris, 1938.
J. CAVAILLÈS, *Remarques sur la formation de la théorie abstraite des ensembles*, Paris, 1937.
L.E. DICKSON, *History of the Theory of Numbers*, 3 vol., Washington, 1919—1923.
Ø. ORE, *Number Theory and its History*, New York, 1948.
R. NOGUÈS, *Le théorème de Fermat; son histoire*, Paris, 1932.

Biografii

L. BIEBERBACH, *Gauss*, Berlin, 1938.
L. DE PESLOUAN, *Abel*, Paris, 1906.
Ø. ORE, *Abel*, Minneapolis, 1957.
E. WINTER, *Bolzano*, Leipzig, 1933.
C.A. VALSON, *Cauchy*, Paris, 1868.

PROBABILITĂȚI ȘI STATISTICI

I. TODHUNTER, *History of the Mathematical Theory of Probability*, Cambridge, 1865.
G. DU PASQUIER, *Le calcul des probabilités, son évolution...*, Paris, 1926.
A. MEITZEN, *History, Theory and Technique of Statistics*, 2 vol., Philadelphia, 1891.
J. KOREN, *The History of Statistics*, New York, 1918.
H.M. WALKER, *Studies in the History of Statistical Method*, Baltimore, 1929.
H. WESTERGAARD, *Contribution to the History of Statistics*, Londra, 1932.
M. GREENWOOD, *Medical Statistics from Graunt to Farr*, Cambridge, 1948.
L. MARTIN, *Évolution de la biométrie*, în „Bull. Inst. agron... Gembloux", vol. XVIII, 1948—1949.

PARTEA A DOUA: MECANICA ȘI ASTRONOMIA

MECANICA

E. JOUGUET, *Lectures de mécanique*, vol. II, Paris, 1909.
E. DÜHRING, *Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik*, ed. a 3-a, Leipzig, 1887.
E. MACH, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, ed. a 7-a, Leipzig, 1912 (trad. fr., Paris, 1904).
P. DUHEM, *L'évolution de la mécanique*, Paris, 1905.
E. BOREL, *L'évolution de la mécanique*, Paris, 1943.
R. DUGAS, *Histoire de la mécanique*, Paris-Neuchâtel, 1950.
M. JAMMER, *Concepts of Force*, Harv. Univ. Press, 1954.
I. TODHUNTER, *A History of the Theory of Elasticity*, 2 vol., Cambridge, 1893.

ASTRONOMIE

J.C. HOUZEAU și A. LANCASTER, *Bibliographie générale de l'astronomie*, 3 vol., Bruxelles, 1882—1889.
R. GRANT, *History of Physical Astronomy*, Londra, 1852.
A. BOILLOT, *L'astronomie au XIX-e siècle*, Paris, 1873.
C. ANDRÉ și G. RAYET, *L'astronomie pratique et les observatoires...*, 5 vol., Paris, 1874—1881.
R. WOLF, *Geschichte der Astronomie*, München, 1877.
A.M. CLERKE, *History of Astronomy during the 19th Century*, Edinburgh, 1885.
R.S. BALL, *Great Astronomers*, Londra, 1907.
G. BIGOURDAN, *L'astronomie. Évolution des idées et des méthodes*, Paris, 1911.
E. DOUBLET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1922.
F. BOQUET, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1924.
R.L. WATERFIELD, *A Hundred Years of Astronomy*, New York, 1939.
E. ZINNER, *Geschichte der Sternkunde*, ed. a 2-a, Berlin, 1943.
G. ABETTI, *Storia dell'astronomia*, Florenza, 1949.
A. ARMITAGE, *A Century of Astronomy*, Londra, 1950.
P. DOIG, *Concise History of Astronomy*, Londra, 1950.
F. BECKER și E. ESCLANGON, *Histoire de l'astronomie*, Paris, 1954.
H.C. KING, *The History of Telescope*, Londra, 1956.
J.A. REPSOLD, *Zur Geschichte der astronomischer Messwerkzeuge*, 2 vol., Leipzig, 1908—1914.
M. DAUMAS, *Les instruments scientifiques aux XVII-e et XVIII-e siècles*, Paris, 1953.
G. BIGOURDAN, *Histoire de l'astronomie, d'observation et des observatoires en France*, 2 vol., Paris, 1918—1930.
E.W. MAUNDER, *The Royal Observatory Greenwich*, Londra, 1900.
D. GILL, *A History... of the Royal Observatory, Cap of Good Hope*, Edinburgh, 1913.
W. I. MILHAM, *Early american Observatoires*, Williamstown, 1938.
A.N. DADAIEV, *The Pulkovo Observatory*, Moscova, 1958.
A. DANJON și A. COUDER, *Lunettes et télescopes*, Paris, 1935.
R. WOLF, *Handbuch der Astronomie*, 2 vol., München, 1891—1893.
F. BRUNNOW, *Lehrbuch der sphärischen Astronomie*, ed. a 4-a, Leipzig, 1881.
F. TISSERAND, *Traité de mécanique céleste*, 4 vol., Paris, 1889—1896.
F.R. HELMERT, *Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie*, 2 vol., Berlin, 1880—1884.
CH. ANDRÉ, *Traité d'astronomie stellaire*, 2 vol., Paris, 1899—1900.
S. NEWCOMB, *A Compendium of Spherical Astronomy*, Londra, 1906.
F.R. MOULTON, *Celestial Mechanics*, Londra, 1919.
L. AMBRONN, *Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde*, 2 vol., Berlin, 1899.
CH. LALLEMAND, *Les marées de l'écorce et l'élasticité du globe terrestre*, în „Annuaire du bureau de Longitudes", 1910.

H.F. WEAVER, *The Development of Astronomical Photometry*, în „Popular Astronomy" 1946, 54.

Monografii

E.S. HOLDEN, *Herschel*, New York, 1881.
J.B. SIDWICK, *Herschel*, Londra, 1955.
J. BERTRAND și F. TISSERAND, *Le Verrier*, în „Annales de l'Observatoire de Paris", Mémoires, vol. XV, 1880.

PARTEA A TREIA: ȘTIINȚELE FIZICE

FIZICA ÎN GENERAL

W.F. MAGIE, *A Source Book in Physics*, New York, 1935.
R. MASSAIN, *Physique et physiciens*, ed. a 2-a, Paris, 1950.
J.C. POGGENDORFF, *Geschichte der Physik*, Leipzig, 1879 (trad. fr., 1883).
F. ROSENBERGER, *Die Geschichte der Physik*, 3 vol., Braunschweig, 1882—1890.
M. MARIE, *Histoire des sciences mathématiques et physiques*, vol. X la XII, Paris, 1887—1888.
P. TANNERY (în LAVISSE și RAMBAUD, *Histoire générale*, vol. X, Paris, 1893).
E. GERLAND, *Geschichte der Physik*, München, 1913.
A. MACFARLANE, *Lectures on ten British Physicists of the Nineteenth Century*, New York, 1919.
E. HOPPE, *Geschichte der Physik*, Braunschweig, 1926 (trad. fr., Paris, 1928).
F. CAJORI, *History of Physics*, ed. a 2-a, New York, 1929.
H. VOLKRINGER, *Les étapes de la physique*, Paris, 1929.
P. SCHURMANN, *Historia de la fisica*, Montevideo, 1936.
A. EINSTEIN și L. INFELD, *L'évolution des idées en physique* (trad. fr.), Paris, 1938.
J. JEANS, *L'évolution des sciences physiques* (trad. fr.), Paris, 1950.
G. URBAIN și M. BOLL, ed., *La science, ses progrès, ses applications*, ed. a 2-a, vol. I, Paris, 1950.
A. WILSON, *A Hundred Years of Physics*, Londra, 1950.
CH. BRUNOLD, *Histoire abrégée des théories physiques concernant la matière et l'énergie*, Paris, 1952.
E. GERLAND și F. TRAUMÜLLER, *Geschichte der physikalischen Experimentierkunst*, Leipzig, 1899.
H. DINGLER, *Das Experiment, sein Wesen und seine Geschichte*, München, 1928.
P. DUHEM, *La théorie physique*, Paris, 1906.
J. PELSENNER, *L'évolution de la notion de phénomène physique*, Bruxelles, 1947.
G. BACHELARD, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Paris, 1951.
E.B. BURT, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science*, ed. a 2-a, Londra, 1954.

OPTICA

E. VERDET, *Leçons d'optique physique*, 2 vol., Paris, 1869—1870.
D.N. MALLIK, *Optical Theories*, ed. a 2-a, Cambridge, 1917.
E. HOPPE, *Geschichte der Optik*, Leipzig, 1926.
C. PLA, *El enigma de la luz*, Buenos Aires, 1949.
E. MACH, *The Principles of Physical Optics*, ed. a 2-a, New York, 1953.
V. RONCHI, *Histoire de la lumière* (trad. fr.), Paris, 1956.
E.T. WHITTAKER, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, ed. a 2-a, 2 vol., Londra, 1951—1953.
C.E. PAPANAS-TASSIOU, *Les théories sur la nature de la lumière...*, Paris, 1935.
A.N. DISNEY, C.F. HILL și W.E. WATSON, *Origin and Development of the Microscope*, Londra, 1928.
R.S. CLAY și T.H. COURT, *History of the Microscope*, Londra, 1932.
M. ROOSEBOOM, *Microscopium*, Leiden, 1956.
M. VON ROHR, *Theorie und Geschichte des photographischen Objectivs*, Berlin, 1899.

G. POTONNIÉE, *Histoire de la découverte de la photographie*, Paris, 1925.
J.M. EDER, *History of Photography*, New York, 1945.
R. LÉCUYER, *Histoire de la photographie*, Paris, 1945.
H. și A. GERNSHEIM, *The History of Photography*, Londra, 1955.
IDEM, *L.M.J. Daguerre*, New York, 1959.

Monografii

A. WOOD, *Young*, Cambridge, 1954.
*** *Fresnel*, în „Revue d'Optique", 1927.
M. DAUMAS, *Arago*, Paris, 1943.
E. LOCKEMANN, *Bunsen*, Stuttgart, 1949.
J.G. CROWTHER, *Maxwell*, Paris, 1948.

ELECTRICITATE ȘI MAGNETISM

W.D. WEAVER, *Catalogue of the Wheeler Gift of Books...*, 2 vol, New York, 1909.
E. SARTIAUX și M. ALIAMET, *Principales découvertes et publications concernant l'électricité...*, Paris, 1903.
P.F. MOTTELAY, *Bibliographical History of Electricity and Magnetism*, Londra, 1922.
*** *Collection de mémoires sur la physique*, 8 vol., Paris, 1889—1891.
E. HOPPE, *Geschichte der Elektrizität*, Leipzig, 1884.
W. BRAGG, *The Story of Electromagnetism*, Londra, 1941.
E. BAUER, *L'électromagnétisme hier et aujourd'hui*, Paris, 1949.
M. GLIOZZI, *L'elecltrologia fine al Volta*, Napoli, 1937.
E.T. WHITTAKER, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, ed. a 2-a, 2 vol., Londra, 1951—1953.
O. FRÖHLICH, *Die Entwicklung der elektrischen Messungen*, Braunschweig, 1905.
R. APPLEYARD, *Pioneers of Electrical Communications*, Londra, 1930.
M.F.O'REILLY și J.J. WALSH, *Makers of Electricity*, New Jork, 1909.
D.M. TURNER, *Makers of Science: Electricity and Magnetism*, Oxford, 1927,

Monografii

H. POLVANI, *Volta*, Pisa, 1942.
A.MIELI, *Volta*, Buenos Aires, 1944.
L.DE LAUNAY, *Ampère*, Paris, 1925.
G. HAUCH, *Ørsted*, Spandau, 1853.
T. MARTIN, *Faraday*, Londra, 1949.
J.P. KENDALL, *Faraday*, Londra, 1955.
TH. COULSON, *J. Henry*, Princeton, 1950.
S.P. THOMSON, *W. Thomson*, Londra, 1910.
*** *Maxwell, Commemoration Volume*, Cambridge, 1931.
LORD RAYLEIGH, *J.J. Thomson*, Cambridge, 1946.

CĂLDURA ȘI TERMODINAMICA

E. MACH, *Die Principien der Wärmelehre*, ed. a 2-a, Leipzig, 1900.
L.ROSENFELD, *La genèse des principes de la thermodynamique*, în „Bul. Soc. roy. des Sci. de Liège", 1941, 10, pp. 197—212.
K. MEYER, *Die Entwicklung des Temperaturbegriffs*, Braunschweig, 1913.
G. BACHELARD, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, Paris, 1928.
M. PLANCK, *Das Prinzip der Erhaltung der Energie*, Leipzig, 1887.
G. HELM, *Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung*, 1898.
W.L. HARDIN, *The Rise and Development of the Liquefaction of Gases*, New York, 1899.
R. PICTET, *Évolution des procédés concernant la séparation de l'air atmosphérique en ses éléments*, Geneva, 1914.

Monografii

G. MOURET, *Carnot*, Paris, 1892.

E. ARIÈS, *Carnot*, Paris, 1920.
B. HELL, *Mayer*, Stuttgart, 1925.
O. REYNOLDS, *Joule*, Manchester, 1892.
A. WOOD, *Joule*, Londra, 1923.
L. KÖNIGSBERGER, *Helmholtz*, Braunschweig, 1902.
E. BRODA, *Boltzmann*, Viena, 1956.
R. DUGAS, *Boltzmann*, Paris, 1959.
L. PH. WHEELER, *Gibbs*, New Haven, 1951.

CHIMIA

H.M. LEICESTER și H.S. KLICKSTEIN, *A Source Book in Chemistry*, 1400—1900, New York, 1952.
R. MASSAIN, *Chimie et chimistes*, Paris, 1951.
H.C. BOLTON, *Select Bibliography of Chemistry*, 1482—1892, Washington, 1893 (2 supl., 1899 și 1904).
J. FERGUSON, *Bibliotheca chemica...*, 2 vol., Glasgow, 1906.
D.L. DUVEEN, *Bibliotheca alchemica et chemica*, Londra, 1949.
F. HOEFER, *Histoire de la chimie*, 2 vol., Paris, 1866—1869.
H. KOPP, *Die Entwicklung der Chemie...*, München, 1873.
A. LADENBURG, *Histoire du développement de la chimie* (trad. fr.), Paris, 1909.
W. OSTWALD, *L'évolution d'une science la chimie* (trad. fr.), Paris, 1909.
E. THORPE, *History of Chemistry*, 2 vol., New York, 1909—1910.
E. VON MEYER, *Geschichte der Chemie*, ed. a 4-a, Leipzig, 1914.
M. DELACRE, *Histoire de la chimie*, Paris, 1920.
R. MEYER, *Vorlesungen über die Geschichte der Chemie*, Leipzig, 1922.
A. KIRRMANN, *La chimie d'hier et d'aujourd'hui*, Paris, 1928.
G. BUGGE, ed., *Das Buch der grossen Chemiker*, 2 vol., Berlin, 1929—1930.
H. METZGER, *La chimie*, Paris, 1930.
A. FINDLAY, *A Hundred Years of Chemistry*, ed. a 2-a, New York, 1948.
J.R. PARTINGTON, *A Short History of Chemistry*, Londra, 1948.
A.J. BERRY, *Modern Chemistry...*, Cambridge, 1948.
H.E. FIERZ-DAVID, *Die Entwicklungsgeschichte der Chemie*, ed. a 2-a, Basel, 1952.
H.M. LEICESTER, *The Historical Background of Chemistry*, New York, 1956.
A. WURTZ, *La théorie atomique*, Paris, 1904.
J. PERRIN, *Les atomes*, Paris, 1920.
P. KIRCHBERGER, *Die Entwicklung der Atomtheorie*, Karlsruhe, 1926.
J.C. GREGORY, *A Short History of Atomism*, Londra, 1931.
G. BACHELARD, *Les intuitions atomistiques*, Paris, 1932.
M.E. WEEKS, *Discovery of the Elements*, ed. a 5-a, Easton, 1945.
W. OSTWALD, *Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre*, Leipzig, 1896.
M. BERTHELOT, *La synthèse chimique*, Paris, 1875.
E. GRIMAUX, *Théories et notations chimiques*, Paris, 1884.
J.-B. DUMAS, *Leçons sur la philosophie chimique*, Paris, 1878.
C. SCHORLEMMER, *The Rise and Development of Organic Chemistry*, Londra, 1894.
E. HJELT, *Geschichte der organischen Chemie*, Braunschweig, 1916.
C. GRAEBE, *Geschichte der organischen Chemie*, Berlin, 1920.
E.O. VON LIPPMANN, *Zeittafeln zur Geschichte der organischen Chemie*, 1500—1890, Berlin, 1921.
F. LIEBEN, *Geschichte der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1935.
CH.A. BROWNE, *Source Book on Agricultural Chemistry*, Waltham (Mass.), 1944.
A. MITTASCH, *Kurze Geschichte der Katalyze*, Berlin, 1932.
A. și N. CLOW, *The Chemical Revolution*, Londra, 1952.
G. BACHELARD, *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Paris, 1932.
W. PRANDTL, *Deutsche Chemiker in der ersten Hälfte der neunzehnten Jahrhunderts*, Weinheim, 1956.

Biografii

I. GUARESCHI, *Avogadro*, Basel, 1903.
W. PRANDTL, *Berzelius*, Stuttgart, 1948.
F.M. BROCKBANK, *Dalton*, Manchester, 1944.
J.G. CROWTHER, *Davy*, Paris, 1939.
C.DE. MILT, *Laurent*, în „Chymia", IV, 1953.
R. BLANCK, *Liebig*, Berlin, 1938.
D.Q. POSIN, *Mendeleev*, New York, 1948.
A. BOUTARIC, *Berthelot*, Paris, 1947.
E.J. COHEN, *Van't Hoff*, Leipzig, 1912.
L.PH. WHEEIER, *Gibbs*, New Haven, 1951.

PARTEA A PATRA: ȘTIINȚELE PĂMÎNTULUI

MINERALOGIE

F. VON KOBELL, *Geschichte der Mineralogie, 1650—1860*, München, 1864.
H. METZGER, *La genèse de la science des cristaux*, Paris, 1918.
P. VON GROTH, *Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften*, Berlin, 1926.
A. TERTSCH, *Das Geheimnis der Kristallwelt*, Viena, 1947.
A. LACROIX, CH. MAUGUIN și J. ORCEL, *René-Just Haüy*, în „Bul. Soc. franc. de Minér.", vol. 67, 1944.
R. HOOYKAAS, *La naissance de la cristallographie en France au XVIII-e siècle*, Paris, 1953.

GEOLOGIE

K.F. MATHER și S.L. MASON, *A Source Book in Geology*, New York, 1939.
E. DE MARGERIE, *Catalogue des bibliographies géologiques*, Paris, 1896.
IDEM, *Critique et géologie*, 4 vol., Paris, 1943—1948.
K.A. VON ZITTEL, *History of Geology and Palaeontology...*, Londra, 1901.
A. GEIKIE, *The Founders of Geology*, ed. a 2-a, Londra, 1905.
S. MEUNIER, *L'évolution des théories géologiques*, Paris, 1911.
L. DE LAUNAY, *La science géologique*, ed. a 3-a, Paris, 1922.
F.D. ADAMS, *The Birth and Development of the Geological Sciences*, Baltimore, 1938.
C.C. BERINGER, *Geschichte der Geologie und der geologischen Weltbildes*, Stuttgart, 1954.
H. HÖLDER, *Geologie und Paleontologie in Texten und ihrer Geschichte*, Freiburg-München, 1960.
A.D'ARCHIAC, *Histoire des progrès de la géologie de 1834 à 1845*, 9 vol., Paris, 1847—1860.
L. ÉLIE DE BEAUMONT, *Rapport sur les progrès de la stratigraphie*, Paris, 1869.
CH. DAVISON, *The Founders of Seismology*, Cambridge, 1927.
G. PERRIER, *Petite histoire de la géodésie*, Paris, 1939.
Ø. OLSEN, *La conquête de la Terre*, 6 vol., Paris, 1933—1937.
F.E. ZEUNER, *Dating the Past. A Introduction to Geochronology*, New York, 1956.
CH. C. GILLISPIE, *Genesis and Geology*, Harv. Univ. Press, 1951.
G. SARTON, *La synthèse géologique de 1775 à 1918*, în „Isis", II, 1919, pp. 357-94.
H.B. WOODWARD, *The History of the Geological Society of London*, Londra, 1937.
P. MERRILL, *Contributions to the History of American Geology* (*Report of the United States National Museum for 1904*, Washington, 1906, pp. 189—734).
H.LE ROY FAIRCHILD, *The Geological Society of America* (1888—1930)..., în „Public. Geol. Soc. Amer.", 1932.

Monografii

K.M. LYELL, *Lyell*, Londra, 1881.
CH. SAINTE-Claire Deville, *Élie de Beaumont*, 1876.
F. FALLOT, *Élie de Beaumont*, în „Annales des Mines," 1934.
J. GASSELET, *Constant Prévost*, Lille, 1896.

PARTEA A CINCEA: ȘTIINȚELE VIEȚII

STUDII GENERALE

G. CUVIER, *Rapport historique sur le progrès des sciences naturelles*, Paris, 1810.
IDEM, *Histoire des sciences naturelles*, 5 vol., Paris, 1831—1845.
H. DE BLAINVILLE, *Histoire des sciences de l'organisation*, 3 vol. Paris. 1845.
E. RÁDL, *Geschichte der biologischen Theorien*, 2 vol., Leipzig, 1905—1909 (ed. a 2-a, vol. I, 1931; adapt. engl. a vol. II, New York, 1930).
B. GRASSI, *I progressi della biologia*, Roma, 1911.
W.A. LOCY, *Biology and its Makers*, ed. a 3-a, Londra, 1915.
IDEM, *The Growth of Biology*, Londra, 1925.
J. SCHAXEL, *Grundzüge der Theorienbildung in der Biologie*, ed. a 2-a, Jena, 1922.
E. NORDENSKIÖLD, *The History of Biology*, New York, 1928.
L. AMBARD, *La biologie*, Paris, 1930.
E.B. ALMQUIST, *Grosse Biologen*, München, 1931.
F. BOURLIÈRE, *Éléments d'un guide bibliographique du naturaliste*, Paris, 1945.
IDEM, *Les grands courants de la biologie*, Paris, 1951.
IDEM, *Aux sources de la biologie*, Paris, 1958.
M. NOWIFOFF, *Grundzüge der Geschichte der biologischen Theorien*, München, 1949.
A. MEYER-ABICH, *Biologie der Goethezeit*, Stuttgart, 1949.
B. DAWES, *A Hundred Years of Biology*, Londra, 1952.
* * * *A Century of Progress in the Natural Sciences*, 1853—1953, în „Calif. Ac. of. Sci.", San Francisco, 1955.
F.S. BODENHEIMER, *The History of Biology*, Londra, 1958.
CH. SINGER, *A History of Biology*, ed. a 3-a, Londra, 1959.
W. ENGELMANN, *Bibliotheca historico-naturalis*, vol. I, Leipzig, 1861 (vol. II și III, 1923).

CITOLOGIE. HISTOLOGIE

M. KLEIN, *Histoire des origines de la théorie cellulaire*, Paris, 1936.
IDEM, *Sur les débuts de la théorie cellulaire en France*, în „Thalès", 1949—1950.
L. ASCHOFF, E. KÜSTER și W. J. SCHMIDT, *Hundert Jahre Zellforschung*, Berlin, 1938.
J.R. BAKER, *The Cell-theory, a Restatement History and Critique*, în „Quart. journ. microsc. Soc.", vol. 89—94, 1948—1953.
A. HUGHES, *History of Cytology*, Londra, 1959.

Monografii

M. FLORKIN, *Schwann*, Paris, 1960.
B. NĚMEC și O. MATUŠEC, *Purkyně*, Praga, 1955.
H.J. JOHN, *Purkyně*, Philadelphia, 1959.

ZOOLOGIA

T.S. HALL, *A Source Book in Animal Biology*, New York, 1951.
V. CARUS și W. ENGELMANN, *Bibliotheca zoologica*, Leipzig, 1887—1923.
H. MILNE-EDWARDS, *Rapport sur les progrès récents de la zoologie en France*, Paris, 1867.
J.V. CARUS, *Histoire de la zoologie* (trad. fr.), Paris, 1880.
R. BURKHARDT și H. ERHARD, *Geschichte der Zoologie*, 2 vol., Leipzig, 1921.
H. DAUDIN, *De Linné à Lamarck. Méthode de la classification et idée de série en botanique et en zoologie (1740—1790)*, Paris, 1926.
F.J. COLE, *History of Protozoology*, Londra, 1926.
F.S. BODENHEIMER, *Materialen zur Geschichte der Entomologie*, 2 vol., Berlin, 1928—1929.
E.O. ESSIG, *A History of Entomology*, New York, 1931.
IDEM, *Sketch History of Entomology*, în „Osiris", vol. II, 1936.
C.A. WOOD, *An Introduction to the Literature of Vertebrate Zoology*, Londra, 1931.
J. ANKER, *Bird Books and Birt Art*, Copenhaga, 1938.

S. SITWELL, H. BUCHANAN, J. FISCHER, *Fine Bird Books, 1700—1900*, New York, 1953.
M. BOUBIER, *L'évolution de l'ornithologie*, Paris, 1925.
E. STRESMAN, *Die Entwicklung der Ornitologie*, Berlin, 1951.
C. NISSEN, *Die illustrierten Vogelbücher...*, Stuttgart, 1953.
K. SEMPER, *Animal Life*, New York, 1881.
CH. B. DAVENPORT, *Experimental Morphology*, 2 vol., New York, 1897—1899.
E. NEWTON HARVEY, *A History of Luminescence...*, Philadelphia, 1957.
SIR W.A. HERDMAN, *Founders of Oceanography...*, Londra, 1923.
H.C. Bronn's Klassen und Ordnungen der Tierreichs, Leipzig, începînd din anul 1866.
P.-P. GRASSÉ., ed., *Traité de zoologie*, Paris, începînd cu anul 1948.

BOTANICA ȘI BIOLOGIA VEGETALĂ

G.A. PRITZEL, *Thesaurus literaturae botanicae*, ed. n., Leipzig, 1872—1877.
B.D. JACKSON, *Guide to the Literature of Botany*, Londra, 1881.
F. HOEFER, *Histoire de la botanique*, Paris, 1872.
J. SACHS, *Histoire de la botanique* (trad. fr.), Paris, 1882.
J.R. GREEN, *History of Botany 1860—1900*, Oxford, 1909.
R.J. HARVEY-GIBSON, *Outlines of the History of Botany*, Londra, 1919.
M. MÖBIUS, *Geschichte der Botanik*, Jena, 1937.
H.S. REED, *A Short History of the Plant Sciences*, Waltham (Mass.), 1934.
J. COSTANTIN, *Aperçu des progrès de la botanique depuis cent ans*, Paris, 1934.
R. COMBES, *Histoire de la biologie végétale en France*, Paris, 1933.
A. DAVY DE VIRVILLE, ed., *Histoire de la botanique en France*, Paris, 1954.
F. W. OLIVER, *Makers of British Botany*, Cambridge, 1913.
F.O. BOWER, *Sixty Years of Botany in Britain (1875—1935)*, Londra, 1938.
R.E. FRIES, *A Short History of Botany in Sweden*, Uppsala, 1950.
F. VERDOORN, ed., *Plant and Plant Science in Latin America*, Waltham (Mass.), 1945.
E.L. CORE, *Plant Taxonomy*, Prentice-Hall, 1935.
TH. SCHMUCKER și G. LINNEMANN, *Geschichte der Anatomie des Holzes* (în H. FREUND, *Handbuch der Mikroskopie*, 1951).
P. VUILLEMIN, *Les champignons*, Paris, 1912.
J.F. LEROY, *Histoire de la notion de sexe chez les plantes*, Paris, 1960.
R. P. WODEHOUSE, *Pollen grains*, New York, 1935.
R. SOUÈGES, *L'embryologie végétale*, Paris, 1934.
CH. FLAHAULT, *Les progrès de la géographie botanique depuis 1884*, în „Progressus Rei Botanicae", vol. I, 1907, pp. 242—317.

Studii

E. BANSE, *Humboldt*, Stuttgart, 1953.
H. BECK, *Humboldt*, Berlin, 1959.

BACTERIOLOGIE

F. LOEFFLER, *Vorlesungen über die geschichtliche Entwicklung der Lehre von den Bacterien*, vol. I, Leipzig, 1887.
W. BULLOCK, *The History of Bacteriology*, Londra, 1938.
W.W. FORD, *Bacteriology*, New York, 1939.
J. ROSTAND, *La genèse de la vie. Histoire des idées sur la génération spontanée*, Paris, 1943.
* * * *The Pasteur Fermentation Centennial, 1857—1957*, New York, 1958.

Studii

L. BELLONI, *Bassi*, Milano, 1956.
R. BOCHALLI, *Koch*, Stuttgart, 1954.
R.J. GODLEE, *Lister*, Londra, 1918.
E. DUCLAUX, *Pasteur*, Paris, 1896.
R.J. DUBAS, *Pasteur*, Londra, 1951 (trad. fr., Paris, 1955).
J. NICOLLE, *Pasteur*, Paris, 1953.

FIZIOLOGIA ANIMALĂ

J.F. FULTON, ***Selected Readings in the History of Physiology***, Springfield, 1930.
H. BORUTTAU, ***Geschichte der Physiologie***, în TH. PUSCHMANN, *Handbuch der Geschicht der Medizin*, vol. II, Jena, 1903.
K.J. FRANKLIN, ***Short History of Physiology***, Londra, 1949.
K.E. ROTHSCHUH, ***Geschichte der Physiologie***, Berlin-Heidelberg, 1953.
CL. BERNARD, ***Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie générale en France***, Paris, 1867.
CH.M.C.BROOKS și P.F. CRANEFIELD, ed., *The Historical Development of Physiological Thought*, New York, 1959.
E. BASTHOLM, ***History of Muscle Physiology***, Copenhaga, 1950.
J.F. FULTON, ***Physiologie des lobes frontaux et du cervelet*** (trad. fr.), cap. I și VIII, Paris, 1953.
F.N.L. POYNTER, ed., *The History and Philosophy of Knowledge of the Brain and its Functions*, Springfield, 1958.
F. FEARING, ***Reflex Action***. *A Study in the History of Physiological Phychology*, Baltimore, 1930.
E.G.T. LIDDELL, ***The Discovery*** *of Reflexes*, Oxford, 1960.
H.D. ROLLESTON, ***The Endocrine*** *Organs in Health and Disease, with an Historical Review*, Oxford, 1936.
G. CANGUILHEM, ***Pathologie*** *et physiologie de la thyroïde au XIX-e siècle*, în „Thalés", vol. IX, Paris, 1959.

Monografii

J.M.D. OLMSTED, ***Magendie***, New York, 1944.
L. DELHOUME, ***Claude Bernard***, Paris, 1939.
R. MILLET, ***Claude Bernard***, Paris, 1945.
J.M.D. OLMSTED, ***Claude Bernard***, New York, 1949.
G. ROSEN, ***Carl Ludwig***, în Bul. „Inst. Hist. Med.", 4, 1936.

ANATOMIA COMPARATĂ ȘI PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR

P. FLOURENS, [***Analyse raisonnée*** *des travaux de Georges Cuvier*, Paris, 1841.
IDEM, ***De l'unité de composition*** *et du débat entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire*, Paris, 1865.
I. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Vie, travaux et doctrine scientifique*] ***d'Étienne*** *Geoffroy Saint-Hilaire*, Paris, 1847.
L. VIALLETON, ***Un problème de l'évolution***. *La théorie de la récapitulation des formes ancestrales au cours du développement embryonnaire*, Paris, 1908.
H.F. OSBORN, ***The Age of Mammals***, New York, 1910.
E.S. RUSSELL, ***Form and Fonction***. *A Contribution to the History of Animal Morphology*, Londra, 1916.
H. DAUDIN, ***Cuvier et Lamarck***. *Les classes zoologiques et l'Idée de série animale (1720—1830)*, 2 vol., Paris, 1926.
R. BERTHELOT, ***Lamarck et Goethe***: *l'évolutionnisme de la continuité au debut du XIX-e siècle*, în „Rev. Méta. et Mor", 36, 1929.
J. VIÉNOT, ***Cuvier***, Paris, 1932.
F.J. COLE, ***A History of Comparative*** *Anatomy from Aristotle to the Eighteenth Century*, Londra, 1944.
G.G. SIMPSON, ***Tempo and Mode*** *in Evolution*, New York, 1944.
J. PIVETEAU, ***Le débat entre Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire sur l'unité de plan et de composition***, în „Rev. Hist. Sci.", vol. 3, 1950.
P. DE SAINT-SEINE, ***Les fossiles*** *au rendez-vous du calcul*, în „Cong. int. Philos. Sci.", vol. VII, Paris, 1951.
F. MEYER, ***Problématique de l'évolution***, Paris, 1957.

GENERAŢIA ANIMALĂ

F.J. COLE, *Early Theory of Sexual Generation*, Oxford, 1930.
J. ROSTAND, *La formation de l'être, histoire des idées sur la génération*, Paris, 1930.
IDEM, *La parthénogenèse animale*, Paris, 1950.
A.N. MEYER, *The Rise of Embryology*, Stanford, 1939.
A.N.MEYER, *Human Generation...*, Stanford, 1956.
J.NEEDHAM, *A History of Embryology*, ed. a 2-a, Cambridge, 1959.

EVOLUTIA

E.O. SCHMIDT, *The Doctrine of Descent and Darwinism*, Londra, 1875.
A. DE QUATREFAGES, *Darwin et ses précurseurs français*, ed. a 2-a, Paris, 1892.
IDEM, *Les émules de Darwin*, Paris, 1894.
E. PERRIER, *La philosophie zoologique avant Darwin*, ed. a 3-a, Paris, 1896.
E. CLODD, *Pioneers of Evolution*, Londra, 1897.
G. FENIZIA, *Storia della evoluzione*, Milano, 1901.
H. PEMBERTON, *The Path of Evolution*, Philadelphia, 1902.
Y. DELAGE, *L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*, ed. a 2-a, Paris, 1903.
H.F. OSBORN, *From the Greeks to Darwin*, ed. a 2-a, New York, 1929.
J. ROSTAND, *L'évolution des espèces*, Paris, 1932.
IDEM, *L'atomisme en biologie*, Paris, 1956.
C. ZIRKLE, *Natural Selection before the „Origin of Species"*, Philadelphia, 1941.
* * * *Early History of the Idea of Inheritance of Acquired Characters and of Pangenesis*, Philadelphia, 1946.
P. OSTOYA, *Histoire des théories de l'évolution*, Paris, 1951.
G. SCHNEIDER, *Die Evolutionstheorie...*, Berlin, 1951.
P.G. FOTHERGILL, *Historical Aspect of Organic Evolution*, Londra, 1952.
W. ZIMMERMANN, *Evolution. Die Geschichte ihrer Probleme und Erkentnisse*, München, 1953.
G.S. CARTER, *A Hundred Years of Evolution*, Londra, 1957.
L. EISELEY, *Darwin's Century*, New York, 1958.
H.G. CANNON, *The Evolution of Living Things*, Manchester, 1958.
S.A. BARNETT, ed., *A Century of Darwin*, Londra, 1958.
G.HIMMELFARB, *Darwin and the darwinian Evolution*, New York, 1959.
B. GLASS, O. TEMKIN, W.L. STRAUS, ed., *Forerunners of Darwin, 1745—1859*, Baltimore, 1959.
F.C. HABER, *The Age of the World. Moses to Darwin*, Baltimore, 1959.
LAMARCK şi DARWIN, în „Revue d'Histoire des Sciences", 13, 1, 1960.

Monografii

M. LANDRIEU, *Lamarck*, Paris, 1908.
E. PERRIER, *Lamarck*, Paris, 1925.
M. PRENANT, *Darwin*, Paris, 1947.
J. ROSTAND, *Darwin*, Paris, 1947.
J. HUXLEY şi J. FISCHER, *Darwin*, New York, 1939.
R. MOORE, *Darwin*, Londra, 1957.

GENETICA

H.F. ROBERTS, *Plant Hybridization before Mendel*, Princeton, 1929.
C. ZIRKLE, *The Beginnings of Plant Hybridization*, Philadelphia, 1935.
IDEM, *The Knowledge of Heredity before 1900* (în L.C.DUNN, ed., *Genetics in the 20th Century*, New York, 1951).

Monografii

H. ILTIS, *Mendel*, Berlin, 1924.
I. KRUMBRIEGEL, *Mendel*, Stuttgart, 1957.

PREISTORIA UMANĂ

G. și A. MORTILLET, *La préhistoire*, Paris, 1903.
A. CHEYNIER, *Jouannet...*, Brive, 1936.
L. AUFRÈRE, *Essai sur les premières découvertes de Boucher de Perthes...*, Paris, 1939.
W.E. MUEHLMANN, *Geschichte der Antropologie*, Bonn, 1948.
A.C. HADDON, *History of Anthropology*, Londra, 1949.
G.E. DANIEL, *A Hundred Years of Archaeology*, Londra, 1950.
COLIN-SIMARD, *Découverte archéologique de la France*, Paris, 1955.
M. BOULE și H.V. VALLOIS, *Les hommes fossiles*, ed. a 4-a, Paris, 1952.
R. FURON, *Manuel de préhistoire générale*, ed. a 4-a, Paris, 1958.

MEDICINA

L. CLENDENING, *Source Book in Medical History*, New York, 1942.
E. BRODMAN, *The Development of Medical Bibliography*, Baltimore, 1954.
L.T. MORTON, *Garrison and Morton's Medical Bibliography*, ed. a 2-a, Londra, 1954.
K. SPRENGEL, *Histoire pragmatique de la médecine* (trad. fr.), 2 vol., Paris, 1809.
CH. V. DAREMBERG, *Histoire des sciences médicales*, 2 vol., Paris, 1870.
E. BOUCHUT, *Histoire de la médecine*, 2 vol., Paris, 1873.
M. NEUBURGER, ed., *Handbuch der Geschichte der Medizin*, 3 vol., Jena, 1901—1905.
L. MEUNIER, *Histoire de la médecine*, Paris, 1911.
A.H. BUCK, *The Dawn of Modern Medicine*, New Haven, 1920.
TH. MEYER-STEINEG și K. SUDHOFF, *Geschichte der Medizin*, ed. a 3-a, Jena, 1928.
F.H. GARRISON, *Introduction to the History of Medicine*, ed. a 4-a, Philadelphia, 1929.
R. DUMESNIL, *Histoire illustrée de la médecine*, Paris, 1935.
M. LAIGNEL-LAVASTINE, ed., *Histoire générale de la médecine...*, 3 vol., Paris, 1936—1949.
W.E. B. LHOYD, *A Hundred Years of Medicine*, Londra, 1936.
D. GUTHRIE, *A History of Medicine*, Londra, 1945.
A. CASTIGLIONI, *Storia della medicina*, ed. n., 2 vol., Verona, 1947 (trad. fr., Paris, 1931).
A. PAZZINI, *Storia della medicina*, 2 vol., Milano, 1947.
C.C. METTLER, *History of Medicine*, Philadelphia, 1947.
R.H. SHRYOCK, *The Development of Modern Medicine...*, New York, 1947 (trad. fr., Paris, 1956).
W. ARTELT, *Einführung in die Medizinhistorik*, Stuttgart, 1949.
P. DIEPGEN, *Geschichte der Medizin*, 2 vol., în 3 tomuri, Berlin, 1949—1955.
E. MAY, *La médecine*, Paris, 1954.
R.H. MAJOR, *A History of Medicine*, 2 vol., Springfield, 1954.
P. LAIN-ENTRALGO, *Historia de la medicina*, Barcelona, 1954.
E.H. ACKERKNECHT, *A Short History of Medicine*, New York, 1955.
W. LEIBBRAND, *Die spekulative Medizin der Romantik*, Hamburg, 1956.
P. ASTRUC, *La médecine au XIX-e siècle*, în „Le progrès médical", 1957—1958.
A. HIRSCH, *Biographisches Lexikon der hervorragenden Aertze...*, 6 vol., Viena, 1884—1888 (ed. n., 6 vol., Berlin, 1929—1935).
J.L. PAGEL, *Biographisches Lexikon hervorragender Aertze des neunzehnten Jahrhunderts*, Berlin, 1900.
* * * *Biographies médicales*, Paris, 1927—1933.
H.E. SIGERIST, *Grosse Aertze*, Leipzig, 1936.
R. DUMESNIL, ed., *Les médecins célèbres*, Paris, 1947.
S.W. MITCHELL, *The Early History of Instrumental Precision in Medicine*, New Haven, 1892.
CH. ACHARD, *Nouveaux procédés d'exploration*, Paris, 1903.
H. GOCHT, *Die Röntgen Literatur*, 2 vol., Stuttgart, 1911—1912.
O. GLASSER, ed., *The Science of Radiology*, Springfield, 1933.
J. ROCHARD, *Histoire de la chirurgie*, Paris, 1875.
P. LECÈNE, *Histoire de la chirurgie*, Paris, 1923.

R.A. LEONARDO, *History of Surgery*, New York, 1943.
TH. E. KEYS, *The History of Surgical Anaesthesia...*, New York, 1945.
C.E. WINSLOW, *The Conquest of Epidemic Diseases*, Princeton, 1943.
W.E. HAYMAKER, *The Founders of Neurology*, Springfield, 1953.
E.H. ACKERKNECHT, *Kurze Geschichte der Psychiatrie*, Stuttgart, 1957.
J.B. HERRICK, *A Short History of Cardiology*, Springfield, 1942.
W.A. PUSEY, *The History of Dermatology*, Springfield, 1933.
R.A. LEONARDO, *History of Gynecology*, New York, 1944.
M. BOUVET, *Histoire de la pharmacie en France*, Paris, 1937.
P. BOUSSEL, *Histoire illustrée de la pharmacie*, Paris, 1947.
E. KREMERS și G. URDANG, *History of Pharmacy*, ed. a 2-a, Philadelphia, 1951.
H. DELAUNAY, *L'hygiène publique à travers les âges*, Paris, 1906.
G. ROSEN, *A History of Public Health*, New York, 1958.
A. NEWSHOLME, *The Evolution of Preventive Medicine*, 2 vol., Baltimore, 1927—1929.
R. SAND, *Vers la médecine sociale*, Liège, 1948.

PARTEA A ȘASEA
VIAȚA ȘTIINȚIFICĂ

Descrierea celor mai remarcabile progrese științifice realizate în secolul al XIX-lea — pe care am prezentat-o — a evidențiat rolul dominant deținut de Europa occidentală în cursul acestei perioade de edificare a bazelor științei contemporane. Această preponderență a Occidentului decurge din avansul important al națiunilor europene în domeniul învățămîntului și cercetării științifice, precum și din incontestabila supremație politică și economică exercitată de Europa în această perioadă. Întrucît numeroase aspecte ale vieții științifice occidentale au fost evocate în primele părți ale acestei lucrări, scurtul capitol ce i se consacră în cele ce urmează va reinclude aceste diverse elemente într-un context mai general, permițînd astfel să se distingă factorii variați care au influențat, într-un fel sau altul, progresul.

Dar, alături de marile țări din Occident unde, de-a lungul unor evenimente variate, ritmul progresului cunoaște o continuă accelerare, apar și se dezvoltă, în secolul al XIX-lea, noi focare de cultură și de cercetare științifică, a căror vitalitate va depăși, în secolul al XX-lea, în multe domenii, pe cea a bătrînelor țări din Europa occidentală. Cele două exemple mai semnificative, cel al Rusiei și cel al Statelor Unite ale Americii, vor forma obiectul a două studii scurte, destinate în principal schițării marilor etape ale acestei evoluții și precizării factorilor ei esențiali.

Capitolul care urmează apoi relatează despre declinul progresiv al vieții științifice din țările musulmane, după perioada de înflorire pe care a cunoscut-o între secolele IX și XIII. Înnoirile ce survin în cursul secolului al XIX-lea, ca urmare a contactelor științifice cu Europa, vor fi evocate în volumul următor, împreună cu efortul decisiv de renaștere întreprins în secolul XX.

Am văzut în volumul precedent că, începînd din secolele XVII și XVIII, anumite elemente ale științei europene au fost introduse în China și în Japonia, dar fără a se putea implanta solid. Capitolul consacrat istoriei științei din aceste țări, în secolul XIX, va demonstra că evoluția condițiilor politice a permis aici o difuzare mult mai largă a științei moderne. Faptul este

deosebit de evident în cazul Japoniei care devine, de la finele acestei perioade, un focar științific activ. Supus, în mod simultan, influenței a două mari civilizații din Asia, cea indiană și cea chineză, iar începînd din secolul al XVII-lea — și într-o modalitate mai episodică — contactului cu știința europeană, Vietnamul a cunoscut o viață științifică originală, ale cărei particularități justifică, după părerea noastră, prezentarea ei într-un studiu succint. Transformările fundamentale intervenite în cursul perioadei coloniale vor fi semnalate în volumul următor. Viața științifică din alte cîteva țări, în special din India și din America Latină, va fi de asemenea evocată în ultimul volum, în același timp cu activitatea științifică din aceste țări în secolul al XX-lea.

Concluzia cea mai importantă ce decurge din aceste diverse studii este că, începînd din secolul al XIX-lea, știința modernă își extinde în mod progresiv influența asupra tuturor țărilor cu o civilizație suficient de evoluată. Aceasta se va confirma cu tărie în secolul al XX-lea, condiționînd în mare măsură progresul omenirii însăși.

CAPITOLUL I

Condiţiile progresului ştiinţific în Europa Occidentală

O analiză obiectivă şi detaliată a împrejurărilor şi a cauzelor profunde ale preponderenţei ştiinţei occidentale de-a lungul secolului al XIX-lea ar fi de cea mai mare utilitate. Interesîndu-i, în acelaşi timp — şi din motive oarecum complementare — atît pe specialistul în istoria generală, cît şi pe istoricul ştiinţei, o asemenea analiză ar aduce, într-adevăr, importante elemente cu caracter informativ şi ar fi un subiect de reflexii pentru acei care răspund de politica ştiinţifică a diverselor naţiuni. Din păcate, eforturile în această direcţie rămîn încă rare şi multe dintre ele demonstrează o rigoare insuficientă, ori poartă pecetea preocupării de a confirma ideile preconcepute ale autorilor lor. Nu se poate decît regreta că minunatul instrument al înţelegerii internaţionale, care ar trebui să fie istoria ştiinţei, se transformă uneori — sfidîndu-se obiectivitatea istorică — într-o arenă închisă unde se înfruntă pasiunile naţionaliste. Fără îndoială că am depăşit timpurile cînd erau proslăvite tezele superiorităţii naţiunilor occidentale în domeniul ştiinţific şi cînd războaiele erau ocazia unor polemici înjositoare între savanţii naţiunilor beligerante. Rămîne însă de făcut un important efort de cooperare internaţională, pentru a se ajunge la o mai mare obiectivitate în reconstituirea şi aprecierea fazelor succesive ale evoluţiei ideilor. Este cert, însă că marea complexitate a faptelor ştiinţifice şi a factorilor de diverse origini care au influenţat geneza sau desfăşurarea lor va lăsa totdeauna cîmp liber unor interpretări divergente, şi că actul individual al descoperirii nu-şi va revela niciodată misterul.

Aceste observaţii nu au alt scop decît să semnaleze extrema prudenţă cu care trebuie să fie abordate asemenea studii, pentru ca ele să nu rămînă simple ilustrări ale unei teze *a priori*. Expunerea noastră, foarte succintă, se va limita la unele observaţii generale şi la cîteva scurte indicaţii referitoare la situaţia specifică din principalele ţări.

A. CONDIŢIILE EFORTULUI COLECTIV

SPRE O POLITICĂ A ŞTIINŢEI. Faptul esenţial care orientează evoluţia ştiinţei în cursul celui de-al XIX-lea secol este că, într-un mod din ce în ce mai limpede, activitatea ştiinţifică devine un fenomen social care, prin diversele sale

repercusiuni, preocupă factorii de răspundere cei mai clarvăzători. Implicațiile evidente, pe plan industrial, a progreselor înregistrate în diversele sectoare ale științelor fizice, interferența tot mai clară a descoperirilor biologice cu evoluția medicinii nu sînt decît două aspecte, dintre cele mai marcante, ale acestei influențe în creștere a progresului științific asupra condițiilor de viață ale omenirii. Constatarea acestor fapte trebuia să conducă guvernele, marile administrații și întreprinderile industriale cele mai importante spre punerea în acțiune a unei adevărate „politici a științei".

Ideea nu era desigur nouă și crearea primelor academii naționale și a primelor mari observatoare în secolul al XVII-lea atesta deja recunoașterea progresivă a importanței sociale a științei. În secolul luminilor acest curent s-a accentuat și, în timp ce un public din ce în ce mai larg se interesa de cuceririle științifice cele mai spectaculare, despotismul luminat dezvolta activitatea academiilor, inițiind cu prudență, în același timp, extinderea învățămîntului superior științific și tehnic. Cu toată poziția foarte clară a enciclopediștilor în această privință, abia spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea s-a manifestat în mod evident interacțiunea dintre progresul științific și avîntul tehnic. Revoluția franceză și guvernul imperial au devenit conștiente de acest lucru; de aceea au și întreprins un efort de modernizare a învățămîntului științific și tehnic și au încurajat în mod activ anumite cercetări de inspirație utilitară. Asemenea reforme au devenit indispensabile datorită extinderii continue a cîmpului științei și sporirii importanței metodelor experimentale. De atunci, problema reformei învățămîntului științific și a organismelor de cercetare a rămas de o actualitate neîncetat reînnoită, reorganizarea cea mai bine gîndită fiind în scurt timp depășită de ritmul rapid al progresului.

Reformele întreprinse de Revoluția franceză și adaptate, sub forme variate de diversele țări au permis, datorită unei democratizări mai largi a educației de bază și punerii la punct a unui învățămînt științific modern, formarea unui număr mai mare de oameni de știință și tehnicieni informați asupra descoperirilor celor mai recente. Dar progresul nu putea fi accelerat cu adevărat decît dacă cercetătorii calificați își puteau consacra lucrărilor lor esențialul activității ce o desfășurau. În prima jumătate a secolului, sporirea numărului de catedre în învățămîntul superior a permis să se satisfacă, într-un mod indirect. această cerință. Apariția, spre sfîrșitul secolului, a primelor laboratoare independente va amorsa o profesionalizare mai completă a funcției de cercetător.

Dar, la acest efort pe plan uman trebuia să se adauge un efort paralel în ceea ce privește baza materială. Tehnicitatea continuu sporită a cercetărilor, perfecționarea neîncetată a metodelor de investigare necesitau publicarea a numeroase reviste specializate și a unor indici bibliografici detaliați, construirea unei rețele de observatoare bine înzestrate și crearea de laboratoare dotate cu materialul cel mai nou. Dacă mecenatul continua să aibă un rol destul de important în unele țări — în special în Marea Britanie —, amploarea efortului ce trebuia întreprins era de așa natură, încît un sprijin financiar din partea guvernelor devenea din ce în ce mai necesar.

Acest ascendent, în continuă creștere și ineluctabil, al puterii politice asupra învățămîntului și cercetării științifice nu era lipsit totuși de anumite

pericole. El risca, mai ales, să antreneze știința într-o politică lipsită de perspectivă, orientată esențialmente spre cercetări cu rentabilitate imediată, ori să interzică anumite lucrări socotite ca fiind eterodoxe. În realitate, se pare că — cel puțin în secolul al XIX-lea — noile condiții nu au pus cu adevărat vreo stavilă prea serioasă, în general activității savanților. Totuși, organizarea oficială a învățămîntului și a cercetării i-a înzestrat pe anumiți oameni de știință cu o putere administrativă de asemenea proporții, încît aceasta le-a permis în unele cazuri să orienteze într-un mod prea rigid ansamblul lucrărilor în diverse domenii, interzicînd chiar afirmarea anumitor teorii contrare opiniei lor personale. Exemplul dificultăților întîmpinate de doi eminenți chimiști francezi, Laurent și Gerhardt, care s-au izbit de ostilitatea atotputernicului J.—B. Dumas, și cel al lui M. Berthelot, care, în primul sfert al secolului, a reușit practic să înăbușe lucrările favorabile teoriei atomice, sînt deosebit de tipice în acest sens.

SPRIJINUL OPINIEI PUBLICE. Ca și conducătorii politici, opinia publică a întrevăzut, începînd din secolul al XVIII-lea, posibilitățile întredeschise de progresul continuu al științei, și această înțelegere a fost unul dintre factorii dominanți ai reformelor întreprinse în timpul Revoluției. În secolul al XIX-lea, numeroase societăți culturale, reviste, lucrări de popularizare, au continuat să întrețină interesul opiniei publice față de problemele științifice, făcînd-o să întrevadă importanța progreselor tehnice în germene, din cadrul anumitor descoperiri recente. Revoluția industrială, dezvoltarea noilor mijloace de transport, extinderea rapidă a aplicațiilor electricității, înflorirea chimiei industriale, prospectarea resurselor naturale, progresele medicinii nu puteau decît să întărească speranța de a se vedea cuceririle științei situîndu-se la originea unei ameliorări generale a condițiilor de trai ale omenirii. Burghezia industrială, în plină propășire, nu a fost întotdeauna în avangarda acestui curent, dar reprezentanții săi cei mai clarvăzători au înțeles că progresul tehnic se găsea de acum încolo strîns legat de cel al științei. Justețea acestor opinii a fost demonstrată, de exemplu, prin expansiunea puternică a industriei chimice germane în a doua jumătate a secolului, ca urmare a creării unor puternice laboratoare de cercetări aplicate.

În diverse țări, savanții cei mai convinși de importanța socială a activității lor au înțeles că un vast efort de popularizare a progreselor recente ale științei va permite clarificarea opiniei publice în legătură cu interesul pe care-l prezintă unele lucrări de cercetare și obținerea, în felul acesta, a unui prețios sprijin în lupta lor dusă în favoarea unei politici de susținere activă a științei. Numeroși au fost cei care au adus un sprijin efectiv asociațiilor culturale sau organismelor de difuzare a cunoștințelor științifice. Unul dintre organismele cele mai celebre de acest fel este Royal Institution din Londra care, fondată în 1799 de Rumford în scopuri filantropice, a devenit curînd, în același timp, laborator de cercetări și centru de conferințe publice, a exercitat o influență profundă grație prestigiului și devotamentului primilor săi animatori, Davy și Faraday.

ACȚIUNEA SOCIETĂȚILOR ȘTIINȚIFICE. Această acțiune a savanților asupra opiniei publice s-a desfășurat, totodată, prin intermediul numeroaselor societăți care s-au creat în cursul secolului al XIX-lea, în scopul întăririi colaborării specialiștilor din același domeniu, înlesnirii publicării lucrărilor originale și asigurării unei largi difuzări a descoperirilor recente. Reunind cel mai adesea savanți profesioniști și amatori, aceste societăți — care au cunoscut un succes deosebit în domeniul astronomiei, geologiei și științelor naturii — au contribuit la efortul de propagandă în favoarea unei politici oficiale de ajutorare a științei.

Și mai eficiente în această privință au fost asociațiile naționale pentru progresul științelor. Scopul inițial al acestor societăți era de a confrunta, în cursul unor largi dezbateri publice, progresele cele mai recente ale diferitelor discipline științifice, pentru a se pune în lumină interferențele lor reciproce și a se extrage învățăminte utile referitoare la orientarea cercetărilor. Exemplul a fost dat în 1815, de Societatea elvețiană de științe naturale, și a fost urmat, din 1822, de Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, fundată de naturalistul german Lorenz Oken, înflăcărat liberal și entuziast filozof al naturii. Reuniunile pe care le-a organizat în fiecare an în alt oraș au cunoscut curînd un viu succes; răsunetul lor în opinia publică a fost unul dintre factorii esențiali ai marii renașteri științifice germane.

Fundată în 1831, din inițiativa mai multor savanți care admirau eficiența asociației germane, British Association for the Advancement of Science s-a ocupat intens de principalele deficiențe ale organizării științifice britanice. Suscitînd dezbateri pasionate asupra marilor probleme de actualitate, reușind să intereseze în acțiunea sa reprezentanți ai claselor conducătoare și din mediile industriale, această asociație a deținut un loc dominant în viața științifică britanică din secolul al XIX-lea. De-a lungul deceniilor, influența sa a fost dintre cele mai fecunde și a dus la modernizarea treptată a instituțiilor științifice din această țară.

COLABORAREA INTERNAȚIONALĂ. Cu toate acestea, ritmul accelerat al progresului risca să provoace o coordonare insuficientă între specialiștii din aceeași disciplină din diferite țări. Dacă în secolul al XVIII-lea și la începutul secolului al XIX-lea știința occidentală nu cunoștea decît puține frontiere, situația s-a schimbat rapid ca urmare a accentuării naționalismului, sporirii numărului de publicații și înlocuirii treptate a latinei și a francezei, limbile de uz științific ale Europei secolului al XVIII-lea, cu diverse limbi naționale. Pentru a restabili colaborarea internațională indispensabilă în domeniul științific, se arătau a fi urgent necesare noi inițiative. Succesul confruntărilor internaționale ce se produseseră cu ocazia unor reuniuni ale asociației germane l-au stimulat pe statisticianul belgian A. Quetelet să organizeze reuniuni analoage, rezervate specialiștilor din domeniul aceleiași discipline. Exemplul congreselor internaționale de statistică pe care le organizează începînd din 1853 — primul a avut loc la Bruxelles, al 8-lea la St. Petersburg, în 1872 — a fost urmat în scurt timp de alte discipline: chimie (Karlsruhe, 1860), botanică (Bruxelles, 1864), medicină (Paris, 1867) etc., deschizîndu-se astfel o nouă

fază în istoria relațiilor științifice internaționale. În anul 1900, cu prilejul marii expoziții, s-au ținut la Paris aproape cincisprezece asemenea congrese.

O colaborare analogă s-a manifestat cu ocazia diverselor acțiuni mai concrete: determinarea elementelor magnetismului terestru, punerea la punct a sistemului metric de către Comisia internațională a metrului (1869, 1870, 1872) și de către Comitetul internațional de măsuri și greutăți (începînd din 1875), stabilirea Hărții fotografice a cerului (începînd din 1889). Au fost create mai multe comitete internaționale, iar în 1900 principalele academii au constituit o Asociație internațională a academiilor. În același timp, un comitet internațional patronat de Royal Society a abordat publicarea unei bibliografii anuale a ansamblului publicațiilor științifice, „International Catalogue of scientific Literature", întreprindere de proporții uriașe care a fost din nefericire întreruptă de primul război mondial. În felul acesta, către sfîrșitul secolului al XIX-lea, organizarea internațională a științei era deja bine conturată, permițînd o difuzare mai bună a publicațiilor din ce în ce mai numeroase și o cooperare destul de strînsă între savanții dintr-o mare parte a lumii.

B. SITUAȚIA ÎN DIFERITE ȚĂRI

Pentru a încheia această succintă schiță a condițiilor generale ale vieții științifice din Europa occidentală în cursul secolului al XIX-lea, vom prezenta într-un mod foarte schematic caracterele particulare ale evoluției lor în diverse țări, insistînd mai mult asupra a trei exemple tipice, Franța, Germania și Marea Britanie.

FRANȚA. Reforma organizării științifice franceze, întreprinsă de Revoluție, deschide cu adevărat al XIX-lea secol științific, creînd noi condiții de progres.

Cu toate că a fost mai puțin îndrăzneață și mai redusă ca amploare decît ar fi dorit-o promotorii ei, această reformă a înzestrat Franța cu un sistem de educație adaptat la situația socială a epocii și la realizările cele mai recente ale științei, sistem care a fost apoi imitat, sub forme diverse, în numeroase țări. Această reformă se inspira, în același timp, din dorința „filozofilor" de a face mai mult loc științei și tehnicii, instrumente de emancipare și de progres social, și din aspirația generală spre un învățămînt deschis tuturor. Pe de altă parte, încredințînd importante responsabilități unor oameni de știință.

În timp ce colegiile vechiului regim ignorau știința, noile școli centrale ofereau o instruire elementară în domeniul matematicii, fizicii și științelor naturale. Au fost create sau modernizate, în același timp, numeroase instituții de învățămînt superior și tehnic de mare valoare: Școala politehnică, diverse școli tehnice sau militare, școlile de sănătate, Collège de France, Muséum national d'Histoire naturelle etc. Aceste diferite instituții au fost înzestrate cu un personal didactic de înaltă clasă, cuprinzînd savanții cei mai eminenți ai epocii; programele lor au fost concepute în funcție de cuceririle cele mai

recente ale științei, iar dotarea lor permitea, în același timp, formarea teoretică și practică a elevilor și desfășurarea unor lucrări de cercetare. Făcînd din spital chiar un centru de studii medicale, Revoluția franceză a deschis o eră nouă în istoria medicinii. Crearea, la Școala politehnică, a unor laboratoare de învățămînt și de cercetare științifică a constituit o inovație tot atît de spectaculară, care a inspirat reformele ulterioare; sub direcția lui Berthollet, Gay-Lussac și Thénard, laboratorul de chimie al acestei școli a fost un centru foarte activ, unde au venit să lucreze numeroși chimiști străini. Reorganizată în 1795, Academia de Științe rămînea, în același timp, un focar de prestigiu al științei franceze, și aducea o consacrare de mare preț lucrărilor originale, reprezentînd totodată un organism oficial care era consultat de puterea de stat în legătură cu diversele probleme tehnice și științifice. Însemnătatea rolului ei a fost demonstrată cu prilejul punerii la punct a sistemului metric — o inițiativă a Revoluției care a primit, în cursul secolului, acordul a numeroase țări.

Deși a consolidat o parte a acestor instituții și a manifestat față de savanți o simpatie evidentă, Napoleon a compromis totuși parțial acest efort printr-o centralizare excesivă și prin politica sa de ansamblu care sacrifica în parte cercetarea fundamentală. Crearea liceelor și militarizarea Școlii politehnice au marcat un net regres, în timp ce întemeierea facultăților de științe nu a fost decît o măsură fără efecte imediate, cercetarea fiind practic exclusă din activitatea lor. Renumele acestor diferite instituții de învățămînt care au format numeroși savanți de valoare a făcut din Paris, de-a lungul primelor trei decenii ale secolului, centrul necontestat al științei mondiale. Îndeosebi Școala politehnică, Muzeul, Școala de medicină, Collège de France s-au bucurat de un prestigiu excepțional, datorat renumelui profesorilor lor, noutății metodelor de predare și entuziasmului elevilor[1]. Ele au servit ca model pentru diferitele instituții care au fost create în diversele țări din Europa. Faptul că această reformă era legată de opera de emancipare a Revoluției franceze a contribuit într-o mare măsură la primirea ei călduroasă în mediile intelectuale europene; introducerea unei politici naționale a științei va fi, de altfel, unul dintre scopurile mișcărilor revoluționare din cursul secolului.

Cu toate acestea, în Franța, condițiile de ansamblu au devenit curînd mai puțin favorabile pentru continuarea politicii începute de Revoluție. Păstrînd organizarea anterioară, Restaurația nu a manifestat decît puțină simpatie față de știință. Regimurile ulterioare au arătat mai multă înțelegere, dar fără a acorda sprijinul financiar necesar. Deși capitala franceză a continuat să rămînă, de-a lungul întregului secol, un centru științific foarte prosper, supremația sa a fost curînd eclipsată de universitățile germane. Cauzele esențiale ale acestui declin au fost centralizarea excesivă a sistemului universitar francez, rigiditatea programelor sale, locul insuficient pe care-l acorda cercetării științifice și insuficiența vădită a dotării. În timp ce în Germania laboratoarele și institutele de cercetări bine utilate se înmulțeau, la Collège de France

[1] Société d'Arcueil, un fel de academie particulară, care s-a întrunit la Berthollet din 1804 pînă în 1821, a fost de asemenea un focar foarte activ, care a încurajat cercetările fizico-matematice și a influențat organizarea științei franceze.

savanți atît de eminenți ca Magendie și Claude Bernard nu dispuneau decît de localuri insuficiente și de un material rudimentar.

Influența pozitivismului lui Auguste Comte asupra unui mare număr de savanți francezi a constituit de asemenea un obstacol în calea progresului. Deși în aparență favorabilă științei, această filozofie, întemeiată pe concepții prea statice, va genera o stare de spirit ostilă anumitor direcții de cercetare care deschideau calea fizicii moderne.

Semnele reînnoirii apar totuși: dezvoltarea rapidă a Școlii normale superioare, unde Sainte-Claire Deville amenajează un laborator modern, trezirea înceată, dar sistematică, a facultăților provinciale, întemeierea Școlii practice de înalte studii, orientată doar spre cercetare, inaugurarea Școlii de antropologie etc. Spre sfîrșitul secolului, îndrăzneala unei noi generații de fizicieni deosebit de talentați, din care fac parte Curie, Perrin și Langevin, va duce la ruperea cu tradiția sterilizantă, permițîndu-i astfel fizicii franceze să se coreleze în mod activ cu tendințele cele mai moderne ale cercetării.

Contrastul dintre reușita explozivă a reformelor revoluționare și declinul relativ al științei experimentale care a rezultat din părăsirea acestei politici ilustrează, în mod limpede, imperativele cercetării științifice moderne, demonstrînd totodată necesitatea unei adaptări continue a organizării științei la direcțiile noi ale progresului.

GERMANIA. Spre sfîrșitul secolului al XVIII-lea știința germană pare a fi într-o perioadă de net declin. Primele lucrări ale lui Gauss însă anunță o reînnoire care se va confirma în scurt timp sub influența conjugată a reformelor universitare intervenite în Franța, a aspirațiilor naționale accentuate prin ocupația napoleoniană și a filozofiei naturii. La exemplul Universității din Göttingen — care acordase, în secolul al XVIII-lea, un loc mai important științelor și medicinii și introdusese metode moderne de predare — se adaugă, în 1810, cel al Universității din Berlin, întemeiată conform planurilor lui W. von Humboldt. Această universitate, al cărei prim rector a fost Fichte, lărgește și mai mult cadrul învățămîntului științific și medical și, prin seminariile și institutele sale specializate, le permite studenților să participe la lucrările de cercetare. După acest model sînt create curînd alte universități la Halle, Bonn, Jena, Erlangen, München, Würzburg, Heidelberg, Tübingen etc., precum și în țările limitrofe de limbă germană. Precedînd unificarea politică, aceste instituții, în care vibrează aspirațiile liberale și naționale, realizează treptat o adevărată comunitate științifică de limbă germană, păstrînd totuși o suficientă diversitate și o fecundă rivalitate între ele. Acțiunea perseverentă a lui Alexander von Humboldt și succesul crescînd al reuniunilor de la Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte contribuie activ la această înflorire care, spre mijlocul secolului, va face din Germania, neunită încă din punct de vedere politic, focarul cel mai activ al științei occidentale. Această dezvoltare se va accelera și mai mult după unificare, luînd însă uneori o formă mai puțin liberală și inspirîndu-se din preocupări mai utilitare.

Înmulțirea laboratoarelor, a institutelor de cercetări și a seminariilor marchează declinul filozofiei naturii și permite o specializare sporită care

urmează liniile directoare ale progresului. Ca un exemplu deosebit de caracteristic în această privință, chimia ilustrează și ea importantele repercusiuni ale cercetării teoretice asupra dezvoltării industriale și economice. În prima treime a secolului, chimiști talentați, formați la Stockholm pe lîngă Berzelius, în laboratorul Școlii politehnice din Paris, sau la Heidelberg pe lîngă Gmelin, creează în toate universitățile laboratoare active; cel mai renumit este cel al lui Liebig la Giessen, care se orientează spre chimia organică și chimia agricolă. În a doua jumătate a secolului, această activitate susținută se va extinde în domeniul tehnic, ducînd la înflorirea rapidă a industriei chimice, instrument principal al puterii economice și politice a Germaniei.

Fiziologia este de asemenea un exemplu al eficienței noii organizări. În timp ce în Franța cercetările erau încetinite datorită insuficientei dotări, institute de fiziologie au apărut în Germania la Karlsruhe, apoi la Bonn și la Berlin, cu Johannes Müller. Generația următoare, cea a lui du Bois-Reymond, Helmholtz și Ludwig, continuînd acest efort, a făcut din Germania un focar prestigios unde nenumărați fiziologi au venit să se formeze, răspîndindu-se apoi în toată Europa, în Statele Unite, în Japonia etc.

Alte exemple ar fi tot atît de sugestive, fie că ar fi vorba despre cel al matematicii, schițat anterior (cf. pp.18—19), ori cel al științelor fizice, în care savanții germani au știut să conjuge resursele oferite de instrumentul matematic cu posibilitățile experimentale ale laboratoarelor bine înzestrate.

Importanța lucrărilor realizate, în cursul secolului al XIX-lea, de Germania în toate domeniile științei, reputația pe care au cîștigat-o universitățile și laboratoarele sale atestată de numeroșii cercetători străini veniți să se formeze aici, numărul și calitatea diverselor sale publicații: reviste specializate, buletine bibliografice, manuale și lucrări de erudiție justifică prestigiul științific excepțional pe care l-a căpătat spre sfîrșitul secolului al XIX-lea. Totodată, trebuie menționați alți doi factori; expansiunea rapidă a puterii politice a Germaniei unificate, care a făcut din această țară și din limba sa niște poli de atracție deosebit de puternici și dezvoltarea accelerată a industriei sale, demonstrare a eficienței concrete a metodelor de lucru din institutele și laboratoarele sale.

MAREA BRITANIE. În primii ani ai secolului al XIX-lea, situația științei britanice prezintă unele aspecte destul de complexe. În timp ce în unele domenii savanții din Regatul Unit se situează în avangarda progresului — mai cu seamă în științele fizice cu W. Herschel, Davy, Young și Dalton și în geologie cu școala plutoniană din Edimburgh și W. Smith —, în altele, ca matematica, nici o producție originală importantă nu este de citat.

Motivele unei atari situații sînt multiple. Dacă fecunditatea tradiției newtoniene de filozofia naturii și de analiză experimentală stă la originea reușitelor înregistrate de fizicienii britanici, declinul net al învățămîntului științific, inactivitatea lui Royal Society, influența aristocratică și religioasă asupra universităților, concepțiile utilitariste ale mediilor industriale și interesul redus manifestat de autorități față de știință explică întîrzierea importantă

care apare în alte domenii. Victoria asupra lui Napoleon, care consacră preponderența industrială britanică, susține poziția conducătorilor politici și universitari în sentimentele lor ostile față de dezvoltarea prea mare a științei, sursă posibilă de ateism. Scoția, dimpotrivă, datorită universităților sale înfloritoare care păstrează contactul cu știința continentală, rămîne în afara acestui curent obscurantist , și ca urmare a acestui fapt, va putea juca un rol important în indispenasbila renovare a structurilor științei britanice.

O asemenea renovare este, de altfel, mult dorită de numeroși savanți. Cîteva simptome premergătoare sînt de notat. Fundată în 1801, Royal Institution exercită curînd o influență fecundă grație personalității prestigioase a primilor săi profesori: Davy, Young și Faraday. Contactul cu matematica continentală este restabilit datorită inițiativei cîtorva tineri matematicieni de la Cambridge: Peacock, Babbage și J. Herschel, care introduc metodele infinitezimale ale lui Leibniz. Succesul cunoscut de Linnean Society, întemeierea unor foruri, ca Geological Society (1807), Astronomical Society (1820) etc., crearea de Mechanics'Institutes, destinate a da o formație de bază tehnico-științifică viitorilor meseriași — unul dintre aceste institute, create la Londra în 1823, va da naștere la Birkbeck College, primul element al viitoarei Universități din Londra —, confirmă acest început al reînnoirii.

Lediile liberale, cercurile disidente, foștii elevi ai universităților scoțiene sînt principalii promotori ai mișcării de reformă care se izbește de ostilitatea claselor conducătoare, grijulii de a-și păstra prerogativele, și de cea a clerului anglican care axercită o tutelă severă asupra renumitelor universități din Oxford și din Cambridge. Această luptă are mai multe obiective: reforma lui Royal Society, redusă la stagnare datorită afluxului de membri proveniți din alte domenii, decît cele ale științei, abolirea controlului religios la intrarea în universități, punerea la punct a unui învățămînt științific modern și acordarea de către stat, a unui sprijin financiar necesar pentru crearea numeroaselor organisme de învățămînt și de cercetare.

Mai multe rapoarte entuziaste referitoare la adunările de la Gesellschaft deutscher Naturforscher, numeroase articole din „Edinburg Review" și mai cu seamă o vibrantă pledoarie a lui Charles Babbage, *Reflections on the Decline of Science in England* (Londra, 1830) au întărit curentul reformist. Prin crearea lui British Association în 1831, s-a adus o contribuție decisivă la această luptă, oferindu-li-se savanților o tribună pentru prezentarea proiectelor lor de reformă și a planurilor lor de cercetări, asociindu-i, la acțiunile lor, pe reprezentanții cei mai luminați ai tuturor mediilor.

În realitate, British Association a trebuit să lupte de-a lungul întregului secol, pentru a determina autoritățile să fundamenteze preavizele unei adevărate politici pe tărîmul științei. Cu tot sprijinul pe care l-au găsit reformatorii pe lîngă prințul-consort Albert de Saxa-Coburg (1819—1861), eforturile lor nu se traduceau în fapte decît foarte încet și, în cursul acestei perioade, organizarea științei britanice a cunoscut o mare întîrziere în comparație cu cea din țările europene. Reușitele incontestabile pe care le-a cunoscut au fost în parte opera unor savanți amatori și chiar autodidacți.

Totuși, cu toată ostilitatea manifestată de anumiți conducători, presiunea faptelor și a opiniei publice și mai cu seamă a învățămintelor evidente ale reușitei germane pe planurile industrial și militar, care întăreau acțiunea persuasivă a lui British Association, au determinat treptat oficialitățile să reformeze universitățile existente, să creeze noi instituții de învățămînt general sau specializat (ca Royal College of Chemistry, 1845, și Government School of Mine and Science, 1851), laboratoare și centre de cercetări (ca celebrul Laborator Cavendish de la Cambridge, întemeiat cu ajutorul unor fonduri particulare și încredințat, de la creearea sa, în 1872, lui Maxwell) și să subvenționeze vaste programe de cercetări în diverse domenii. Cu toate că a fost concepută și realizată într-un mod empiric și tardiv, această organizare trebuia să dea rezultate excelente; este adevărat că laboratoarele și institutele de cercetări germane, fracventate de numeroși cercetători englezi, au servit ca modele pentru organismele similare create în Regatul Unit. În felul acesta, Marea Britanie, care nu cunoscuse nici revoluție, nici invazie, s-a adaptat mai încet decît Franța și Germania la condițiile noi ale progresului științific. Ea a reușit, totuși, către sfîrșitul secolului, să pună la punct o organizare a activității științifice care se va dovedi deosebit de eficientă în numeroase domenii.

ITALIA. Cu toate că numără printre reprezentanții săi valori ca Ruffini, Volta, Galvani și Spallanzani, știința italiană de la finele secolului al XVIII-lea nu strălucește, în ansamblul său, într-o lumină prea vie. Împărțirea ei în numeroase state și diseminarea centrelor intelectuale sînt cauzele esențiale ale acestei situații.

Începînd din primii ani ai secolului al XIX-lea, influența ideilor revoluționare, contactele intelectuale mai strînse cu Franța și influența administrației napoleoniene amorsează o modernizare a învățămîntului și o unificare parțială. Dar după căderea imperiului, Italia este din nou împărțită și supusă unor regimuri autoritare puțin favorabile progreselor științei.

Cu toate că o anumită activitate persistă în cele aproape douăzeci de mici universități ale peninsulei, prima jumătate a secolului al XIX-lea este o perioadă lipsită de strălucire în istoria științei italiene. Acțiunea esențială a mediilor intelectuale se situează pe plan politic, în lupta pentru eliberarea și unificarea teritoriului național. Pentru acest motiv, societățile savante italiene (Congresso dei dotti), organizate începînd din 1839, capătă curînd un caracter revoluționar și patriotic care duce la interzicerea lor în 1847.

Începînd însă de la jumătatea secolului, dezvoltarea sentimentului național și realizarea treptată a unității italiene suscită o rapidă reînnoire a activității științifice, a cărei înflorire se află strîns legată de cea a noului stat. Efortul înnoitor, întreprins cu multă convingere în toate domeniile, plecîndu-se de la experiențele străine, duce curînd la o modernizare profundă a echipamentului științific și a structurilor universitare, și permite formarea unor elite științifice foarte active, ale căror lucrări de cercetare, adesea cu caracter foarte original, se vor extinde la toate domeniile științei, de la logica matematică și geometria algebrică la parazitologie și anatomia patologică.

ELVEȚIA. Răspîntie intelectuală unde se întîlnesc și se îmbină influențele franceze și germane, și chiar cele britanice, Elveția își modelează organizarea universitară pe structura sa politică ce se făurește de-a lungul secolului. La universitățile vechi (Basel, Berna, Lausanne, Geneva) sau noi (Zürich, Neuchâtel), aflate sub autoritatea guvernelor cantonale, se adaugă, în 1854, Școala politehnică federală care devine curînd un centrn de mare reputație. Începînd din 1815, Societatea elvețiană organizează reuniuni anuale; ea va servi drept prototip al viitoarelor asociații pentru progresul științei.

Opera savanților elvețieni este deosebit de remarcabilă în matematică, prin J. Steiner și L. Schläfli, în fizica experimentală și instrumentală, în geologia alpină, prin M. Lugeon și A. Heim, în botanică prin ilustra familie Candolle, în fiziologia vegetală și în zoologia lacustră. Dacă universitățile elvețiene și Școala politehnică federală primesc numeroși savanți din exterior, tot numeroși sînt savanții elvețieni care cunosc o carieră strălucită în străinătate: Ch. Sturm la Paris, J. Steiner și E. du Bois-Reymond în Germania, L. Agassiz în Statele Unite.

BELGIA ȘI ȚĂRILE DE JOS. Legate de destinul Franței pînă la 1814, regrupate apoi în Regatul Țărilor de Jos, ulterior separate definitiv în 1830, Țările de Jos actuale și Belgia și-au văzut organizarea universitară modificîndu-se în mai multe rînduri. În Țările de Jos, Gröninger, Amsterdam și Utrecht vor rămîne centre universitare, în timp ce în Belgia, universitățile de stat din Gand și din Liège, apoi Universitatea liberă din Bruxelles se vor adăuga la străvechea Universitate catolică din Louvain.

În Belgia, unde științele erau într-o evidentă decadență în secolul al XVIII-lea, renașterea va fi lentă, cu toate eforturile susținute ale lui A. Quetelet, fondatorul Observatorului din Bruxelles, organizatorul primelor congrese internaționale și creatorul statisticii sociale. Cu toate acestea, către sfîrșitul secolului, se manifestă o vădită înflorire în toate domeniile, înflorire susținută prin crearea mai multor institute specializate, întemeiată de industriașul Ernest Solvay. Primul dintre ele, Institutul de fiziologie, își începe activitatea în 1893 sub direcția lui Paul Heger.

În Țările de Jos, după o perioadă de lîncezeală care contrastează cu strălucirea pe care a cunoscut-o Universitatea din Leyda în secolul al XVIII-lea, sfîrșitul secolului al XIX-lea marchează de asemenea o perioadă de dezvoltare rapidă. Numele lui Van der Waals, Lorentz, Zeeman, Kamerlingh Onnes în fizică, cele ale lui Mulder și Van't Hoff în chimie, cele, în sfîrșit, ale lui H. de Vries sau Einthoven în biologie sînt suficiente pentru a atesta nivelul ridicat atins de știința Țărilor de Jos la începutul secolului al XX-lea.

SCANDINAVIA. În țările scandinave, cîțiva savanți eminenți ilustrează începutul secolului: Berzelius, al cărui laborator din Stockholm este unul dintre cele mai alese ale chimiei europene, fizicianul danez Oersted, renumit prin descoperirea efectelor magnetice ale curentului electric, și ilustrul matematician norvegian Abel. Științele naturale, unde persistă elanul imprimat de

Linné, cunosc de asemenea nume prestigioase, ca cele ale lui Thunberg, Fries, Acharius și Agardth.

După o perioadă de relativă stagnare, un climat favorabil științei se restabilește către anii 1880 sub efectul dezvoltării economice care înlătură cadrul social tradițional. Această înflorire se manifestă inițial în Danemarca și în Norvegia, apoi pătrunde în Suedia. În timp ce diversele asociații difuzează știința în mediile populare, vechile universități sînt foarte prospere (Copenhaga, Uppsala, Lund), la fel ca și cele din Oslo și din Stockholm, întemeiate în 1811 și 1878; diverse institute specializate sînt create, fie cu ajutorul fondurilor publice, fie grație alocării unor fonduri particulare (Carlsberg în Danemarca, 1876; Nobel la Stockholm). Deși toate domeniile științifice capătă un nou impuls, rezultatele sînt deosebit de strălucite în matematică (S. Lie și G. Mittag-Leffler, fondator al publicației „Acta Mathematica" în 1882), în fizică și fizico-chimie (Ångström, Arrhenius, J. Rydberg, Bjerknes, Guldberg, Waage), în zoologia marină (Loven, M. și G.O. Sars), în geologia nordică și în explorarea polară (Nordenskiöld, G de Geer), în medicină, prin N.-R.Finsen și A. Hansen. Amintim, în sfîrșit, că testamentul inginerului suedez Alfred Nobel este cel care instituie, în 1896, celebrele premii Nobel ce vor fi decernate începînd din 1901, premiile de fizică și de chimie de către Academia de Științe din Stockholm și premiul de medicină de către Institutul Karolinska.

EUROPA CENTRALĂ ȘI DUNĂREANĂ. Supuse unor regimuri diferite mai mult sau mai puțin opresive, cuprinse de frămîntări naționale, de revolte și de războaie, diversele țări din Europa centrală și dunăreană se găseau, în cursul secolului al XIX-lea, într-un climat politic, economic și social puțin propice unei activități științifice coordonate și continue. În consecință, pe lîngă activitatea științifică din Imperiul austro-ungar, se remarcă și eforturile depuse în alte state pentru o renaștere progresivă, precum și apariția cîtorva opere de mare valoare.

În limitele actualei Austrii, centrele științifice cele mai prospere sînt Gratz și Viena, ale căror universități, dublate de *Hochschulen* tehnice, aparțin de fapt marii comunități științifice de limbă germană. Numele fizicianului Boltzmann, cel al lui Rokiansky, animator al unei erudite școli medicale, și, în zorile secolului nostru, cel a lui Freud atestă vitalitatea persistentă a Universității din Viena.

Supusă Austriei, apoi cu o relativă autonomie, Ungaria posedă Universitatea din Pesta, focar de agitație națională pe care l-a ilustrat marele fizician Eötvös. Printre alți reprezentanți ai vieții științifice, nu poate fi omis J. Bolyai, unul dintre fondatorii geometriei neeuclidiene, și I. Semmelweis, medic talentat cu soartă tragică.

După împărțire, Polonia este supusă unei puternice opresiuni străine și, cu toate că o oarecare activitate se desfășoară la Universitatea din Varșovia, bătrîna Universitate Jageloană din Cracovia este cea care redevine, sub dominația austriacă, principalul focar al științei poloneze. La Cracovia, unde își

avea sediul Academia de Științe poloneză, fizicienii Olszewski și Wroblewski vor reuși, în 1883, importante experiențe de lichefiere a gazelor.

Centru activ al tulburărilor panslaviste, Boemia, supusă dominației austriece, a obținut în 1882 crearea unei universități cehe la Praga. Dintre reprezentanții cei mai eminenți pro ai științei cehe din secolul al XIX-lea, se desprind trei nume: Gregor Mendel, creatorul geneticii moderne, B. Bolzano, analist și logician de mare talent, și E. Purkinje, renumit citolog și fiziolog.

Împărțite între dominațiile turcă și austro-ungară, ținuturile actualei Iugoslavii au înregistrat, în cursul secolului al XIX-lea, o activitate mai redusă. Cu toate acestea, spre sfîrșitul secolului, universitățile din Zagreb și din Belgrad vor fi deja foarte active. Cîțiva savanți de valoare se vor expatria, de pildă, renumitul inginer Nikola Tesla care, format la Gratz, va lucra la Budapesta și la Paris înainte de a face o carieră strălucită în Statele Unite.

Cu toate că vor crea treptat școli superioare, universități și academii, Grecia, Bulgaria și România vor trebui să depună eforturi susținute în domeniul științific, astfel că în secolul al XX-lea aceste țări vor începe să participe efectiv la progresul de ansamblu al științei.

PENINSULA IBERICĂ. În Peninsula iberică, puternic atinsă de războaiele napoleoniene,cu toate cele cîteva încercări de reformă liberală, condițiile politice rămîn puțin favorabile unui progres liber al științei. Cu toate acestea, regruparea universităților permite să se dea o viață nouă centrelor celor mai importante: Lisabona, Valencia, Barcelona și, mai cu seamă, Madrid. La începutul secolului al XX-lea, această ultimă universitate va dispune de mai multe institute a căror vitalitate este atestată prin influența marelui biolog S.Ramon y Cajal care va obține premiul Nobel pentru medicină în 1906, pentru lucrările sale referitoare la structura sistemului nervos.

BIBLIOGRAFIE

Din cele mai multe opere precedente citate (pp.610—611: cadrul general; știință, filozofie și societate; istoria științei în general) — și din care unele comportă o importantă parte bibliografică — vom menționa doar unele studii mai importante:

W. GREGORY, edit., *International Congresses and Conferences 1840—1937. Union list*, New York, 1938.
L. PASTEUR, *Le budget de la science*, Paris, 1850.
E. MAINDRON, *L'Académie des sciences*, Paris, 1888.
L. LIARD, *L'enseignement supérieur en France de 1789 à 1889*, Paris, 1888.
La science française, 2 vol., Paris, 1915.
M. DAUMAS, *Arago*, Paris, 1943.
L. FAYET, *La Révolution française de la science*, Paris, 1960.
K. SUDHOFF, *Hundert Jahre Deutscher Naturforscher Versammlungen*, Leipzig, 1922.
F. SCHNABEL, *Deutsche Geschichte in neunzehnten Jahrhundert*, vol. 3, Fribourg, 1949.
CH. BABBAGE, *Reflections on the Decline of Science in England*, Londra, 1830.
A.L. TILLYARD, *A History of University Reform*, Cambridge, 1913.

A. SCHUSTER și A.E. SCHIPLEY, *Britain's Heritage of Science*, Londra, 1917.
O.J.F. HOWARTH, *The British Association for the Advancement of Science, 1831—1931*, Londra, 1931.
G.B. PETRUCCI, edit., *L'Italia e la scienza*, Florența, 1932.
L. SILLA, edit., *Un secolo di progresso scientifico, italiano*, 7 vol., Roma, 1939—1940.
E. FUETER, *Grosse Schwezer Forscher*, Zürich, 1934.
C. VAN OVERBERGH, *Le mouvement scientifique en Belgique, 1830—1905*, 2 vol., Bruxelles, 1907—1908.
A.J. BARNOW și B. LANDHEER, edit., *The Contribution of Holland to the Sciences*, New York, 1933.
W. MEISEN, *Prominent Danish Scientists*, Copenhaga, 1932.
S. LINDROTH, *Swedish Nen of Science*, Stockholm, 1952.
Histoire sommaire des sciences en Pologne, Cracovia, 1933.

CAPITOLUL II
Ştiinţa şi viaţa în Rusia (secolele XVIII şi XIX)

SECOLUL AL XVIII-LEA. Începutul dezvoltării intense a lucrărilor de cercetare ştiinţifică în Rusia datează din al doilea sfert al secolului al XVIII-lea. Înflorirea industriei şi a comerţului, construcţiile civile şi militare, amenajarea drumurilor, crearea unei armate şi a unei marine de război regulate reclamau în mod imperios, în pragul secolului al XVIII-lea, specialişti calificaţi pentru diversele ramuri ale tehnicii şi ale ştiinţei. De aici şi reformele lui Petru cel Mare în domeniul ştiinţelor şi învăţământului.

În 1701, se întemeia la Moscova o şcoală laică de stat de matematică şi navigaţie. Era prima de acest fel în Rusia. S-au creat apoi diverse şcoli de geniu şi de medicină la Moscova şi la Petersburg, şcoli de mine în Urali etc. Întemeierea, prin decretul lui Petru cel Mare, în 1724, a unei Academii de Ştiinţe la Petersburg, care s-a deschis după moartea sa, în 1725, a venit să încununeze toate aceste reforme. Academia cuprindea o bibliotecă, un muzeu, un observator, un cabinet de fizică, un laborator de chimie (1748). Gimnaziul şi universitatea, ce ţineau de Academie, aveau ca sarcină să formeze oameni de ştiinţă şi personalul auxiliar.

În 1755, la propunerea lui Lomonosov, a luat fiinţă Universitatea din Moscova cu facultăţi de drept, de medicină şi de filozofie.

În 1765, a fost întemeiată la Petersburg Societatea economică liberă, prima societate ştiinţifică din Rusia.

În 1773,la Petersburg, s-a deschis o Şcoală de mine (în secolul al XIX-lea, ea a fost transformată în Institut de mine); în 1798, în acelaşi oraş, Şcoala de medicină şi de chirurgie era transformată în Academia de medicină şi de chirurgie.

Activitatea Academiei de Ştiinţe din Petersburg era determinată în mare măsură de cerinţele practice.

Pot fi citate ca exemplu lucrările susţinute pentru studierea naturii şi a populaţiei de pe vastul teritoriu al imperiului, mai cu seamă din regiunile sale nordice şi estice. Astfel, între anii 1733 şi 1743, a fost întreprinsă — — în cooperare cu Colegiul Amiralităţii (ministerul marinei) — o mare expediţie nordică în Siberia şi Kamceatka. Din 1768 şi pînă în 1774, au fost trimise expediţii pentru a explora diversele regiuni ale Rusiei din Europa şi din Asia; între 1785 şi 1792,o expediţie s-a deplasat în Extremul Orient etc. Paralel se desfăşurau cercetări de cartografie, astronomie, meteorologie, geologie,

botanică, zoologie, în domeniul construcției instrumentelor optice sau de geodezie etc. Iluștri savanți au luat parte la lucrările. Academiei în secolul al XVIII-lea. Printre ei, la loc de frunte se situează L. Euler și M.V. Lomonosov al cărui geniu enciclopedic a rămas mult timp necunoscut istoricilor științei. La început, pentru a se suplini inexistența specialiștilor ruși, au fost invitați savanți străini, cum au fost, de exemplu, D. Bernoulli, fizicianul F.U. Aepinus, fiziologul K.F. Wolff, naturalistul P.S. Pallas, chimistul T. Lowitz (1757—1804).Dar deja spre anii 40, savanții originari din Rusia îi înlocuiesc tot mai mult pe cei străini în Academie. Aceștia sînt: naturalistul S.P. Krașeninikov (1711 sau 1713—1755), fizicianul G.V. Richmann (1711—1753) din Estonia, astronomul și matematicianul S.I. Rumovski (1734—1812,) naturaliștii I.I. Lepekin (1740—1802), V.F. Zuev (1754—1794) și N.I. Ozerețkovski (1750—1827) etc.

Academia din Petersburg devine în scurt timp unul dintre centrele științei mondiale. Nenumăratele volume pe care le-a publicat și cele 72 de volume de Memorii pentru secolul al XVIII-lea reprezintă o contribuție considerabilă la dezvoltarea gîndirii umane.

În această epocă, doar puțini savanți efectuau cercetări științifice în afara Academiei, cum au fost, de exemplu, M.M. Terekovski (1740—1796) în biologia experimentală, sau A.T. Bolotov (1738—1833) în agrobiologie.

DE LA ÎNCEPUTUL SECOLULUI AL XIX-LEA, PÎNĂ LA MAREA REVOLUȚIE SOCIALISTĂ DIN OCTOMBRIE 1917. Descompunerea treptată a relațiilor de producție feudale și dezvoltarea relațiilor capitaliste, apariția unor noi ramuri ale industriei, problemele tehnicii militare au determinat, la începutul secolului al XIX-lea, noi transformări în sistemul de învățămînt. S-au deschis în toate capitalele de „gubernii", gimnazii ai căror absolvenți aveau dreptul să fie admiși în școala superioară. Au apărut diverse școli tehnice, de pildă, Institutul de ingineri de căi de comunicații la Petersburg (1810), Școala de înalte studii tehnice din Moscova (1822) etc. Instituțiile cu caracter pedagogic de pe lîngă Academie au fost închise, dar s-au deschis în schimb, începînd din 1802, universități la Tartu, apoi la Vilnius, Kazan, Harkov, Petersburg, Kiev etc. Erau în total, înainte de 1917, 10 universități pe teritoriul U.R.S.S., fără a număra pe cea din Lvov, întemeiată în 1661. Au fost organizate în universități facultăți fizico-matematice, pentru studierea întregului complex de științe naturale. Treptat, învățămîntul s-a specializat. Numărul de studenți a sporit continuu, cu toate că la diferite epoci (1848—1854 și 1885—1897) el a fost redus ca urmare a măsurilor reacționare ale guvernului, destinate a lupta împotriva ideilor revoluționare ce se propagau în rîndurile tineretului. Învățămîntul superior a primit un impuls considerabil începînd din anii 60, în virtutea dezvoltării rapide a capitalismului după abolirea iobăgiei. Din primii ani ai secolului al XIX-lea și pînă la primul război mondial, numărul studenților în universități a crescut de la cîteva sute la peste 60 000.

În secolul al XIX-lea, cercetarea științifică se desfășura nu numai la Academia din Petersburg, dar și în universități care dispuneau de propriile lor biblioteci, observatoare și laboratoare, și publicau „Anale" și cărți. S-au des-

chis noi instituții importante, ca Observatorul astronomic de la Pulkovo (1839), Observatorul geofizic de la St. Petersburg (1849), care dirija rețeaua de stațiuni magnetice și meteorologice, Grădina botanică Nikitski din Crimeea (1812) și multe altele. Au apărut societăți științifice specializate: Societatea naturaliștilor din Moscova (1805), Societatea de geografie (1845), Societatea matematică din Moscova (1864), Societatea rusă de chimie (1868) și numeroase altele. Activitatea acestor societăți a cunoscut și ea, spre anii 60, o intensitate deosebit de mare. În aceeași epocă, mediile științifice întreprind organizarea unor congrese ale naturaliștilor și medicilor ruși. Primul a avut loc în 1868, la Petersburg, iar al XIII-lea, în 1913, la Tiflis.

Unitatea strînsă dintre știință și viață, dintre teorie și practică a fost trăsătura caracteristică a operei multor savanți ruși. P.L. Cebîșev, fondatorul marii școli de matematică de la Petersburg, scrie:

„Apropierea dintre teorie și practică oferă rezultate dintre cele mai binefăcătoare, și practica nu este singura care profită de pe urma lor; științele însele se dezvoltă sub influența ei; ea le dezvăluie numeroase noi domenii de studiu sau noi aspecte ale unor probleme de mult cunoscute" (P.L. Cebîșev, *Culegere de opere complete*, t. 5, 1951, p. 150 din ediția rusă).

În același timp, se proceda la o elaborare aprofundată a problemelor care aveau, cel puțin în această epocă, o importanță teoretică și care erau necesare pentru progresul științei însăși. Aceasta se referă de asemenea la Cebîșev și la discipolii săi. Dacă cercetările lui Cebîșev în domeniul teoriei polinoamelor de aproximare a funcțiilor s-au dezvoltat în strînsă legătură cu studiile de teoria mecanismelor, lucrările sale referitoare la teoria numerelor aveau un caracter abstract.

Deosebit de semnificative în această privință sînt lucrările lui Lobacevski asupra teoriei paralelelor, care au atras atenția încă din antichitate. Descoperirea de către N.I. Lobacevski a geometriei neeuclidiene, la fel ca și o serie întreagă de cercetări ulterioare ale lui B. Riemann și alții, prezentau la început un interes intramatematic și metodologic. Mai tîrziu, ele au devenit una dintre principalele premise ale fizicii moderne și ale tehnicii actuale, construite pe baza ei.

Legătura strînsă a cercetărilor științifice cu aplicațiile lor poate fi observată în numeroase domenii ale cunoașterii. Zeci de mari expediții ruse din secolul al XIX-lea au permis nu numai să se șteargă o serie întreagă de pete albe de pe harta geografică (explorări în Antarctica și antipodul ei, Arctica, studii asupra Asiei centrale), dar au completat de asemenea cunoașterea bogățiilor naturale ale țării. În 1882, se întemeia, sub președinția lui A.P.Karpinski (1846—1936), un Comitet geologic care trebuia să dirijeze investigațiile geologice. În același timp, erau continuate pe scară largă cercetările fundamentale în geologie. Vom cita ca un exemplu lucrările lui V.I. Vernadski (1863—1945) care, încă înainte de 1917, orienta unele probleme de mineralogie descriptivă spre crearea unei noi științe, geochimia.

Savanților ruși din secolul al XIX-lea sau începutul secolului al XX-lea li se datorează numeroase descoperiri fundamentale de însemnătate teoretică în diferite domenii.

În chimie, D.I. Mendeleev a descoperit legea periodică fundamentală care a inaugurat o eră nouă nu numai în această știință, dar — după cum s-a constatat mai tîrziu — și în fizică. Teoria structurală a compușilor chimici a lui A.M. Butlerov (1828—1886) a fost pusă la baza noii chimii organice. Începînd din anii 60, au fost realizate cercetări strălucite în biologie. Teoria lui Darwin a găsit în Rusia un teren ce fusese pregătit anterior de K. Baer (1792—1876) și evoluționistul C.F. Roullier (1814—1858), și care a fost dezvoltat în lucrările de embriologie ale lui A.I. Kovalevski (1840—1901) și I.I. Mecinikov (1845—1916) și de paleontologul V.O. Kovalevski (1842—1883). Succesul darvinismului în Rusia era legat de creșterea mișcării democratice revoluționare și de difuzarea concepțiilor materialiste. Aceleași orientări ideologice au contribuit la progresul fiziologiei în lucrările fundamentale ale lui I.M. Secenov (1829—1905) și I.P. Pavlov (1849—1936) în legătură cu activitatea nervoasă superioară la om și animale.

Cu toată dezvoltarea capitalismului, înainte de 1917 nivelul progresului industrial al Rusiei era într-o vădită rămînere în urmă față de anumite țări mai evoluate în această privință. Industrializarea relativ slabă a țării, inerția și deseori chiar opoziția aparatului guvernamental paralizau activitatea savanților.

Numeroase descoperiri făcute în Rusia țaristă nu puteau căpăta aplicații practice imediate. În felul acesta a fost uitată descoperirea arcului electric, făcută deja în 1802 de V.V. Petrov (1761—1834); motorul electric (1834) al lui B.S. Jakobi (1801—1874), inventarea antenei de recepție și a primului receptor de unde electromagnetice (1895—1896) de A.S. Popov etc. au rămas aproape fără utilizare.

O serie întreagă de lucrări teoretice, care condiționau rezolvarea unor probleme tehnice de actualitate și ale economiei naționale nu au putut fi realizate decît după Revoluția din Octombrie; aceasta se referă, de exemplu, la lucrările fundamentale de aero- și hidrodinamică înfăptuite de N.E. Jukovski (1847—1921) și S.A. Ciaplîghin (1869—1942), sau, dintr-un domeniu cu totul diferit, la lucrările de selecția plantelor ale lui I.V. Miciurin (1854—1938). Cercetările lui C.E. Țiolkovski (1857—1935) în domeniul teoriei rachetelor, care depășeau posibilitățile materiale și tehnice ale timpului său, nu au beneficiat de nici un fel de sprijin.

Ca o consecință, numeroase descoperiri importante ale savanților ruși erau larg folosite în străinătate, în timp ce ele erau uitate în Rusia. După cum vom vedea în tomul următor, un reviriment radical al situației are loc în 1917, după Revoluția din Octombrie.

BIBLIOGRAFIE

Istoria Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., t. I (1724—1803), Moscova-Leningrad, 1958.

Istoria ştiinţelor în Rusia , t. I, 2 părţi, Moscova, 1957 (pînă la aproximativ 1860) ; t. II, Moscova, 1960 (de la 1860 pînă în 1917). Aceste volume conţin un index bibliografic al operelor importante.

Istoria ştiinţelor. Lucrare publicată în U.R.S.S. (1917—1947), Moscova-Leningrad, 1949; *ibidem* (1948—1950), Moscova, 1955, (conţine un index bibliografic foarte complet). Aceste diverse lucrări sînt în limba rusă.

CAPITOLUL III

Viaţa ştiinţifică în Statele Unite, în secolul al XIX-lea

După Revoluţie, o dată independenţa asigurată, noua naţiune americană a avut de rezolvat o mulţime de probleme ridicate de necesitatea de a-şi satisface propriile sale nevoi.Din cauza, mai cu seamă, a reglementărilor restrictive şi opresive pe care Anglia le impusese pentru a-şi proteja propria industrie, în special cea a fierului şi a oţelului, S.U.A. nu poseda nici un fel de echipament industrial puternic şi de înaltă calitate. Era deci firesc, ca, din momentul stabilizării situaţiei politice, să se constituie societăţi pentru dezvoltarea tehnicilor şi a industriei[1].

În primul său mesaj anual adresat Congresului, George Washington a pus problema foarte limpede, invocînd „necesitatea încurajărilor eficiente, atît pentru introducerea invenţiilor utile venite din străinătate, cît şi în vederea valorificării talentelor şi a geniului inventiv, cu scopul de a le stimula chiar în ţară". Dezvoltarea agriculturii punea o problemă aproape tot atît de importantă. De la începuturile istoriei sale naţionale — ultimele decade ale secolului al XVIII-lea şi primele din secolul al XIX-lea — S.U.A. s-a distins în domeniul tehnicii lor, după cum o arată exemplul lui Oliver Evans care a organizat prima uzină cu adevărat automată.

Cu toate că în majoritatea sectoarelor de activitate umană primele decade ale existenţei noii Republici au fost marcate printr-o înflorire a conştiinţei naţionale, ştiinţele pure rămîneau într-o anumită stagnare. Pînă la războiul de secesiune (1861—1865), diversele încercări făcute pentru a crea o organizaţie ştiinţifică naţională, după modelul lui Royal Society din Londra sau al Academiei de Ştiinţe din Paris, au eşuat complet. American Philosophical Society (Philadelphia) şi American Academy of Arts and Science (Boston) (cf.t. II, pp. 775—776) nu erau organisme naţionale; constituite şi subvenţionate pe cale particulară, ele nu se bucurau de nici un patronaj sau sprijin financiar guvernamental şi nu erau supuse nici unei obligaţii oficiale, chiar cu titlu consultativ.

[1] Această prezentare este consacrată exclusiv istoriei organizării ştiinţei şi a raporturilor sale oficiale cu guvernămîntul. Pentru studierea istoriei diferitelor ştiinţe din Statele Unite în cursul acestei perioade şi pentru prezentarea contribuţiilor aduse de savanţii americani, retrimitem la capitolele specializate ale acestui volum.

PROIECTUL „UNIVERSITĂȚII CENTRALE". Din 1805, s-a discutat mult despre proiectul unei „Universități centrale" dotată cu o tipografie proprie, cu laboratoare de cercetări și grădini botanice. Prezentat de poetul și omul de stat Joel Barlow, care fusese „ministru" la Paris, acest proiect se inspira în parte din exemplul academiilor europene, această universitate urmînd să acorde premii și burse importante pentru a încuraja cercetarea științifică și a juca în același timp rolul unui organ național de relații științifice. Într-un cuvînt, „Universitatea" trebuia să devină în același timp o instituție de învățămînt științific, un muzeu și o academie de științe la scară națională. Jefferson a completat ideea lui Barlow, sugerînd ca la această universitate, considerată ca un organism central, să fie adăugate niște filiale create după același model, dar la o scară mai restrînsă, în toată țara. Un proiect de lege referitor la crearea acestei instituții a fost depus în fața Senatului, dar fără a fi discutat vreodată. Se pare că Congresul a apreciat acest plan ca fiind prea grandios și că el nu a înțeles că era una dintre datoriile guvernării să stabilească o asemenea instituție și s-o întrețină pe cheltuiala sa.

COLUMBIAN INSTITUTE. Încurajați și inspirați de eforturile lui Barlow, trei oameni cu care era el în legătură, Thomas Law, Josiah Meigs și Edward Cutbush, s-au reunit la Washington în 1816, pentru a crea un organism cunoscut sub numele de Metropolitan Society. Ei sperau să obțină sprijinul efectiv al Congresului și, în special, acordarea unui teren pentru o grădină botanică. Ei au solicitat pe toți cei care se interesau de științe să se asocieze la această nouă întreprindere care, o dată constituită, s-a numit The Columbian Institute for the Promotion of Arts and Science. Acest nume este semnificativ pentru dorința patrioților din acea epocă de a simboliza geniul specific țării lor. Unele clauze ale regulamentului acestui institut precizau obiectivele practice pe care și le propunea el:

„Scopurile institutului vor fi de a aduna, cultiva și distribui diferitele producții vegetale din această țară și din altele...

De a colecționa și studia produsele minerale și curiozitățile naturale din Statele Unite..

De a suscita comunicări referitoare la agricultură...

De a stabili istoria topografică și statistică a diferitelor regiuni ale Statelor Unite...

De a publica în fiecare an... comunicările ce prezintă un interes general".

La 20 aprilie 1818, institutul a obținut din partea Congresului o cartă care-i permitea să dobîndească un imobil, să achiziționeze un teren pentru o grădină botanică și să organizeze întruniri publice în localul Camerei reprezentanților. Doi ani mai tîrziu, i-a fost acordat un mic teren public destinat Grădinii botanice; de asemenea, i s-a pus la dispoziție, pentru sediul său permanent, o sală mare situată sub Biblioteca de la Capitol. Simultan, institutul și-a lărgit cadrul activităților sale inițiale, limitat la dezvoltarea agriculturii și la inventarul resurselor naturale; o nouă organizare repartizează membrii săi în cinci clase: matematică, științe fizice, științe biologice, științe morale și politice, arte frumoase. Urmînd exemplul de la Institut de France, el îmbrățișa astfel, nu numai diversele domenii ale științei, dar și alte activități cultu-

rale. Președintele Statelor Unite era protectorul institutului care număra, printre membrii săi onorifici, pe cei trei foști președinți John Adams, Thomas Jefferson și James Madison, iar printre membrii săi străini, personalități notorii, ca Lafayette și Cuvier.

Cu toate că impozanta listă a membrilor săi cuprindea ofițeri superiori, membri ai cabinetului prezidențial, senatori și reprezentanți, Institutul Columbian nu a putut niciodată să-și atingă scopul principal. El nu a reușit niciodată să determine fixarea unui larg program de burse care să le permită tinerilor din clasele mai sărace ale societății să-și facă studiile; el nu a fost mai norocos nici în eforturile sale de a edifica un observator astronomic național; el nu a izbutit de asemenea să obțină sprijinul indispensabil pentru programul său de revizuire a sistemului de măsuri și greutăți și de adoptare a sistemului metric. Din cauza lipsei mijloacelor financiare, el nu a putut să publice măcar procese-verbale sau memorii. În consecință, interesul opiniei publice pentru institut a scăzut treptat, ceea ce a dus curînd la dispariția lui.

Una dintre principalele manifestări ale influenței Institutului Columbian este legată de expediția americană de explorare a Pacificului de Sud, care a fost condusă de locotenentul Charles Wilkes, un membru al institutului. Această expediție fiind hotărîtă de Congres în anul 1828, secretarul Marinei, Samuel L. Southard, el însuși membru al institutului, a solicitat părerile și sugestiile instititului în legătură cu personalul, programul de cercetări, echipamentul și metodele de investigație. O comisie specială a prezentat unele propuneri Marinei. În felul acesta, cel puțin o singură dată în decursul scurtei sale istorii, institutul a realizat una din principalele ambiții ale celor care doreau să întărească poziția științei în cadrul națiunii, adică să fie admis ca un consilier al guvernămîntului într-o problemă științifică.

În 1835, S.U.A. încă nu avea o instituție științifică națională. Majoritatea discuțiilor referitoare la crearea unor eventuale organisme științifice subvenționate de stat se izbeau de problema politică cea mai delicată din acel moment, cea a opoziției dintre drepturile statelor și cele ale guvernului federal. O problemă centrală, cea a sclaviei, preocupa multe spirite, și problema instituțiilor științifice nu putea fi discutată fără a se lovi de faptul că acest proiect întărea prerogativele guvernului central, în dauna celor ale statelor.

TESTAMENTUL LUI JAMES SMITHSON. În 1835, un savant englez mai puțin cunoscut, James Smithson, a murit lăsînd prin testament o jumătate de milion de dolari „Statelor Unite, în vederea fundării la Washington, sub numele de Smithsonian Institution, o instituție pentru dezvoltarea și răspîndirea cunoștințelor în rîndul oamenilor". Născut ilegitim, fără să fi moștenit titlul de noblețe al tatălui său, ducele de Northumberland, Smithson își recunoștea dorința ca în felul acesta amintirea propriului său nume să dăinuiască mult după ce titlurile de noblețe vor fi stinse și uitate. Anunțarea acestui testament a suscitat diverse reacții la Washington. Unii apreciau că Congresul nu avea calitatea de a putea accepta un testament de un asemenea fel, alții că demnitatea națiunii va fi lezată prin acceptarea de donații străine. Dar aceste voci au rămas în minoritate și banii au fost acceptați.

Timp de aproape zece ani, pînă la organizarea definitivă a lui Smithsonian Institution, au fost discutate numeroase proiecte pentru utilizarea acestor fonduri: crearea unei universități sau a unei școli normale, a unui institut de cercetări fizice, a unei școli de agricultură și a unei stațiuni experimentale, a unui observator sau a unui muzeu național etc.

NATIONAL INSTITUTION. Între timp, se constituia un nou organism: National Institution for the Promotion of Science, întemeiat la Washington în 1840. Cu toate că era, în mai multe privințe, moștenitorul direct al lui Columbian Institute, noua fundație se asemăna mai mult cu Academia de Științe din Paris, în special prin aceea că număra membri activi, membri corespondenți și membri onorifici, repartizați în secții specializate: chimie, geologie, aplicații ale științelor în tehnică etc. O colaborare strînsă cu guvernul era prevăzută printr-o clauză care specifica că toți guvernatorii de state, toți reprezentanții diplomatici, consulari și comerciali ai Statelor Unite, erau din oficiu membri corespondenți ai lui National Institution. „Directori care reprezentau guvernul" erau toți membrii Cabinetului, precum și unii senatori. Nimic nu a fost neglijat pentru stabilirea unor legături strînse cu guvernul.

Expediția Wilkes a ridicat o problemă urgentă în fața organizatorilor lui National Institution. Plecată în 1838, expediția urma să se întoarcă în 1841, dar nici o măsură nu a fost luată pentru primirea și expunerea bogatei colecții de materiale științifice pe care ea urma s-o aducă. Întrucît o asemenea problemă necesita o soluționare rapidă, fondatorii se străduiau să obțină ca testamentul de jumătate milion de dolari lăsat Statelor Unite de J. Smithson să le fie încredințat lor. Ca atare, ei au avut grija să precizeze că unul dintre scopurile esențiale ale lui National Institution era „dezvoltarea și răspîndirea cunoștințelor în rîndul oamenilor", citat textual extras din testamentul lui Smithson, în scopul evident de a arăta raporturile strînse existente între activitatea desfășurată de National Institution și obiectul precis al testamentului lui Smithson. Ei au preferat chiar cuvîntul Institution în locul celui de Institute, pentru a urma mai îndeaproape formula propusă de Smithson.

Numeroase personalități erau de părere că moștenirea lui Smithson ar trebui să fie administrată de National Institution. La prima aniversare a fundării sale, a fost organizat un congres științific la Washington, congres care a fost deschis printr-o alocuțiune a președintelui Statelor Unite, John Tyler. Numeroși oratori și-au exprimat speranța de a vedea Institution obținînd sprijinul guvernului și devenind depozitarul legal al colecțiilor științifice naționale. Printre cei 350 de membri activi ai săi și cei 1250 membri corespondenți, Institution îi număra pe principalii savanți americani, precum și importante personalități politice. Dar, ca și predecesorul său, National Institution nu a reușit să obțină recunoașterea oficială și și-a încetat curînd existența.

NAVAL OBSERVATORY. În 1846, cînd Smithsonian Institution a fost în sfîrșit constituită, acțiunile în vederea edificării unui observator astronomic național și-au atins în parte scopul. Congresul întemeiase o asemenea instituție în 1842, ce e drept într-un mod indirect, cu ocazia constituirii unui depozit

permanent de hărți și de instrumente pentru Marină. Începînd din 1845, au fost făcute aici observații, iar trei ani mai tîrziu, depozitul a primit numele de Naval Observatory pe care l-a păstrat pînă astăzi.

SMITHSONIAN INSTITUTION. În 1846, cînd a fost întemeiată, Smithsonian Institution a ales ca primul său director pe fizicianul Joseph Henry de la Universitatea din Princeton. Această alegere a fost fericită în ceea ce privește viitorul noii instituții, dar ea a privat cercetarea științifică din Statele Unite de singurul său fizician de prim plan din perioada de timp dintre Benjamin Franklin și epoca lui Henry A. Rowland. Henry scria el însuși: „Fiind angajat, în această perioadă, într-o serie de cercetări originale, la început nu am avut intenția să accept această ofertă (de a deveni director)..." El a acceptat deoarece era singurul candidat calificat din punct de vedere științific și pentru că era de părere că directorul unei asemenea instituții trebuia să fie un om de știință.

„Am crezut că voi putea părăsi acest post (atunci cînd Institution va fi organizată), scrie Henry, și reveni la postul meu anterior de la College of New Jersey (Princeton), în vederea reluării cercetărilor mele științifice. Am fost însă amar dezamăgit în această privință".

Istoria lui Smithsonian Institution stîrnește admirație și publicațiile, utilizate de savanții din lumea întreagă, aduc o mărturie continuă asupra justeței opiniilor lui Henry. Cu toate acestea, apare evident, după cum o susținea însuși Henry, că Smithsonian Institution „nu este o fundație națională, ci ctitoria unei persoane particulare"; de altfel, îi și poartă numele. Guvernul Statelor Unite, așa cum precizează Henry, „este pur și simplu un administrator însărcinat să realizeze proiectul testatorului". Ca atare, cu toate că după 1846 exista o instituție științifică, ea nu era încă de tipul unei academii naționale sau al unei instituții create după modelul Academiei de Științe din Paris sau al lui Royal Society din Londra, așa cum o doreau mulți.

INVENTARUL RESURSELOR NATURALE. În afară de această dorință, de a vedea constituindu-se o academie națională, una dintre principalele ambiții ale savanților americani era de a crea o asociație națională. Aceasta din urmă s-a organizat plecîndu-se de la o societate a geologilor. Nu este surprinzător faptul că, într-o țară ca Statele Unite, geologia, ca și științele naturale să fi fost domenii dintre cele mai cultivate. Pe măsură ce granițele țării se deplasau spre Pacific, vaste teritorii noi erau anexate, avînd fiecare o floră, o faună și cu formațiuni geologice deosebite. Interesul manifestat față de resursele naturale a încurajat cercetarea geologică și, în numeroase state ale Uniunii, la începutul secolului al XIX-lea au fost efectuate investigații geologice, dintre care unele mergeau pînă la cercetări și observații privind diversele ramuri ale agriculturii și ale științelor naturale. În 1840 fuseseră efectuate 17 prospectări geologice diferite, cea dintîi fiind întreprinsă de statul Massachusetts, doar cu zece ani mai devreme.

NAȘTEREA LUI AMERICAN ASSOCIATION. În 1819 era întemeiată, la Yale, American Geological Society, urmată, în 1834, de Societatea geologică din Pennsylvania. În același an, guvernul american a recunoscut în mod oficial importanța geologiei, însărcinîndu-l pe G.W. Featherstonhaugh să realizeze, sub conducerea Ministerului de Război, prospectarea geologică și mineralogică a regiunii munților Ozark. În 1840, American Association of Geologists luase deja ființă. Treptat, această societate a acceptat printre membrii săi naturaliști de diverse specialități, deschizînd astfel calea organizării unei American Association for the Promotion of Science, destinată „a reuni pe toți cei care lucrează în domeniul științelor fizice și naturale". Ultima etapă a fost atinsă în 1848, cînd societatea a luat denumirea de American Association for the Advancement of Science și s-a organizat după modelul prototipului său englez, fundat în 1831 la York. American Association a hotărît să organizeze periodic, în diferite orașe din Statele Unite, reuniuni în vederea difuzării științelor pe toată întinderea teritoriului. Ea dorea să pună în contact specialiști din diverse ramuri ale științei, pentru a da „un impuls mai puternic și mai general, precum și directive mai sistematice savanților care lucrează în țara noastră; și de a asigura înlesniri sporite și un mai bun randament lucrărilor științifice". Numărul membrilor a crescut de la 461 în 1848 la 862 în 1859. Asociația s-a străduit, de asemenea, să creeze o academie națională de științe și a încercat să determine instituirea unei proceduri oficiale pentru informarea științifică a guvernului și să obțină un sprijin federal pentru lucrările științifice.

Personalitatea care a jucat un rol esențial în cursul demersurilor întreprinse în vederea întemeierii unei academii naționale de științe este Alexander Dallas Bache, nepotul lui Franklin, director al Serviciului hidrografic și fondator al primului observator magnetic din America, la Girard College (Philadelphia). În discursul său prezidențial la a 6-a reuniune a American Association, ținută la Albany în 1851, Bache a insistat asupra importanței unei instituții științifice naționale, organizată sub egida guvernului federal, și a unei academii naționale de științe după modelul european.

„Atîta timp cît știința nu este organizată, afirma el, ea rămîne fără putere... Țara noastră face asemenea progrese în dezvoltarea ei materială, încît le este imposibil organismelor legislative sau executive ale guvernului să evite de a fi mai mult sau mai puțin direct interesate în decizii ori probleme care solicită cunoștințe științifice".

CONTRIBUȚIA TEHNICĂ A RĂZBOIULUI DE SECESIUNE. National Academy of Science a Statelor Unite a fost întemeiată în cele din urmă în 1863, în timpul războiului de secesiune. Majoritatea specialiștilor consideră că acest război marchează o etapă importantă în istoria tehnicii militare, prin importanța și amploarea rolului pe care l-au jucat anumite inovații științifice și tehnice; acest lucru a fost atestat de numeroși observatori veniți din Suedia, Franța, Anglia și Prusia. Printre asemenea invenții, introduse pentru prima dată în cursul acestui război — cel puțin la o scară atît de vastă și cu o asemenea eficiență — pot fi citate utilizarea militară a căii ferate și a telegrafului, tunurile ghintuite, vizoarele telescopice, navele blindate sau cuirasate, turelele

pentru tir orientat, armele portative cu încărcare prin chiulasă, mitralierele, ambulanțele, serviciile medicale de campanie, baloanele pentru observare și fotografiere, submarinele, gazele toxice și aruncătoarele de flăcări, folosirea alimentelor concentrate, a uniformelor și a încălțămintei confecționate la mașină. Joseph Henry a devenit unul dintre principalii consilieri ai președintelui Lincoln.

CREAREA ACADEMIEI NAȚIONALE. Curînd a fost creată o comisie științifică și tehnică pe lîngă Departamentul Marinei care, prezidată de amiralul Charles Henry Davis (care a editat *American Ephemeris and Nautical Almanac* și a tradus în limba engleză *Theoria motus corporum coelestium* a lui Gauss), cuprindea de asemenea pe Joseph Henry și Alexander Dallas Bache. Acești trei oameni, secundați de Louis Agassiz, au reușit să prezinte în fața Senatului un proiect de lege în vederea creării unei academii naționale de științe, proiect care a fost adoptat ca măsură de război. Astfel a fost realizat acest vis, de a se vedea constituindu-se în Statele Unite un organism analog cu academiile din Paris sau din Londra.

Una dintre responsabilitățile specifice ale Academiei era și a rămas „de a răspunde la toate solicitările unui organism guvernamental în vederea studierii, examinării sau experimentării, ori elaborării unui raport în legătură cu orice problemă științifică sau tehnică; cheltuielile necesitate de aceste lucrări fiind rambursate prin alocații speciale, fără ca Academia să primească gratificări pentru serviciile astfel aduse guvernului Statelor Unite". A. Bache, care a fost primul președinte, i-a urmat lui Joseph Henry care insista ca să nu fie admiși ca membri decît „oameni care s-au distins prin cercetările lor originale" și care „au meritat această distincție prin descoperiri capabile să lărgească cîmpul cunoașterii". Alegerea în Academie fiind o mare onoare și, ca atare, un stimulent pentru cercetarea științifică, Henry a salutat întemeierea ei ca pe „o etapă în istoria tendințelor filozofice ale țării noastre. Ea marchează, afirmă el, prima recunoaștere oficială a importanței științelor pure, ca element esențial al progresului intelectual și material..."

În felul acesta, la sfîrșitul războiului de secesiune, Statele Unite aveau o academie națională de științe și o asociație pentru progresul științei. În deceniile care au urmat după război, numărul savanților profesioniști a sporit rapid, după cum o arată tabloul numărului de membri ai American Association:

1860	644 membri	
1870	536 membri	(descreștere datorată războiului de secesiune: 1861—1865)
1830	1555 membri	
1890	1944 membri	
1900	1925 membri	
1910	7950 membri	

OPERA MATEMATICIENILOR AMERICANI. Ca un alt indiciu al dezvoltării științelor în S.U.A. în cursul acestei perioade, se poate lua în considerare și o ramură specializată a cercetării științifice, de pildă matematica. În cursul primei jumătăți a secolului al XIX-lea, cercetarea matematică este aproape inexistentă în această țară. Debutul său, încă modest, se datorează lui Nathaniel Bowditch, care a publicat o traducere a lucrării *Mécanique céleste* a lui Laplace, însoțită de importante note explicative și comentarii, precum și un manual: *The American Practical Navigator*. Benjamin Peirce, profesor de matematică la Harvard University, unul dintre fondatorii National Academy of Science, a fost în mod incontestabil matematicianul american cel mai original din perioada anterioară războiului de secesiune. Opera sa esențială, *Linear Associative Algebra* (1872), dezvoltă un subiect a cărui importanță reală nu a fost recunoscută decît recent. După războiul de secesiune, matematicienii americani au cunoscut mai mulți reprezentanți de valoare: George W. Hill, ale cărui lucrări asupra problemei restrînse a celor trei corpuri au fost universal apreciate; Simon Newcomb, ale cărui importante descoperiri în astronomie și în teoria generală a curburii sînt cunoscute în toată lumea, și, cel mai mare dintre toți, Josiah Willard Gibbs, profesor la Yale, ale cărui lucrări de analiză vectorială și mecanică statistică stau la baza fizicii teoretice moderne.

Prima societate de matematică — în afara grupelor de statisticieni — a fost New York Mathematical Society, care a luat ființă în 1888 și și-a lărgit trei ani mai tîrziu aria, devenind American Mathematical Society. De la 210 membri la întemeiere, ea număra 706 membri în anul 1914, număr care a crescut de atunci la cîteva mii. Prima revistă americană destinată a publica lucrări matematice originale, „American Journal of Mathematics", a fost creată la John Hopkins University, în 1878.

DEZVOLTAREA ÎNVĂȚĂMÎNTULUI ȘTIINȚIFIC SUPERIOR. Unul dintre aspectele cele mai marcante ale vieții științifice din S.U.A., în secolul al XIX-lea, este dezvoltarea instituțiilor de învățămînt superior în a doua jumătate a secolului. Pînă în 1840, nu exista în Statele Unite nici o instituție care să merite cu adevărat numele de universitate. În 1847, au fost create școli științifice la Yale și la Harvard, ele avînd drept scop, mai cu seamă, să formeze ingineri, funcție pe care o îndeplineau pînă atunci, pentru un număr restrîns de studenți, Rensselaer Polytechnic Institute (cu un nivel destul de modest) și Academia militară a Statelor Unite de la West-Point. Unul dintre profesorii de la Yale era B. Silliman jr, al cărui tată fundase „The American Journal of Science and Arts".

Harvard a numărat în corpul său profesoral mai mulți dintre reprezentanții cei mai eminenți ai științei americane din secolul al XIX-lea: Asa Gray, prieten și corespondent al lui Darwin, Benjamin Peirce deja citat, astronomul William Cranch Bond, unul dintre pionierii fotografiei astronomice, Eben Norton Horseford, elev strălucit al lui Liebig la Giessen. La acest grup se adaugă, în 1844, zoologul de renume mondial Louis Agassiz, venit din Elveția. Cu toate acestea, chiar o asemenea înmănunchiere de personalități excep-

ționale nu a putut reuși să creeze un climat favorabil culturii înalte și cercetării, analog celui care domnea în unele centre din Europa. A trebuit să se aștepte, pentru aceasta, crearea primei instituții de învățămînt întemeiată după modelul european și consacrată mai cu seamă învățămîntului superior și cercetării, John Hopkins University.

■

Către sfîrșitul secolului, expansiunea Statelor Unite spre vest este terminată. S.U.A. dispunea de organizații științifice și de instituții de învățămînt superior. Țara începe să producă savanți de clasă mondială și se putea întrevedea de pe acum care va fi amploarea efortului său științific ulterior. Oamenii de știință abordau cu optimism secolul XX, în care puterea S.U.A. se va manifesta în domeniile științei pure și ale gîndirii abstracte cu amploarea pe care a cunoscut-o, în secolul al XIX-lea, pe tărîmul invențiilor tehnice și al aplicațiilor științei.

BIBLIOGRAFIE

D.H. FLEMING, *A social History of Science in America* (3 vol., Boston, în apariție).

A.H. DUPREE, *Science in the federal Government, a History of Policies and Activities to 1940* (Cambridge, Mass., 1957).

G. B. GOODE [O colecție a studiilor sale referitoare la dezvoltarea științei în America în secolul al XIX-lea]. *A Memorial of George Brown Goode* (Smithsonian Institution, *Annual Report for 1897, Rep. U. S. Nat. Mus.*, partea a 2-a, Washington, 1901).

I.B. COHEN, *Reflecții asupra situației științei în America de-a lungul secolului al XIX-lea*, în „Proc. Nat. Ac. Sc.", 45, 666-77, 1959.

IDEM, *Fizicienii americani în timpul războiului;* 1. De la Revoluție, pînă la războaiele mondiale; 2. De la Primul război mondial pînă la 1942, în „Amer. J. Phys.", 13, 223—35, 333-46, 1945.

M.E. PICKARD, *Guvernămîntul și știința în Statele Unite*, în „J. Hist. Med.", 1, 254-89, 446-81, 1946.

R.S. BATES, *Scientific Societies in the United States*, New York, 1945.

F.W. TRUE, *A History of the first Half-century of the National Academy of Sciences*, 1863 — 1913, Washington, 1913.

P.H. OCHSER, *Sons of Science, the Story of the Smithsonian Institution and its Leaders*, New York, 1949.

G.P. MERRILL, *Contribution to the History of American Geology*, în *U.S. Nat. Mus., Annual Report for 1904*, Washington, 1906.

IDEM, *Contributions to a History of American State geological and natural history Surveys*, în *U.S. Nat. Mus.*, Bul. 109, Washington, 1920.

A.D. RODGERS III, *John Torrey, a Story of North American Botany*, Princeton, 1942.

A.H. DUPREE, *Asa Gray, 1810—1888*, Cambridge, Mass., 1959.

CAPITOLUL IV
Ştiinţa în ţările musulmane începînd din anul 1450

A. CONDIŢIILE GENERALE ALE DEZVOLTĂRII ŞTIINŢIFICE

O privire rapidă asupra istoriei ştiinţei în ţările musulmane de-a lungul veacurilor permite să se constate că în prima perioadă, începînd din secolul al VIII-lea şi pînă al IX-lea, savanţii din lumea musulmană (în majoritate de religie creştină) au transpus în limba arabă cele mai mari capodopere ale ştiinţei anticilor, în special cele ale grecilor.

Limba arabă va fi mijlocul de comunicare aproape exclusiv al ştiinţei, în lumea civilizată, pînă în secolul al XI-lea. Savanţii din lumea musulmană — de religie musulmană, creştină, mozaică — vor continua să fie maeştrii ştiinţei pînă în secolul al XIII-lea. Dar din secolul al XI-lea şi pînă în secolul al XIII-lea, o serie de traducători vor transpune în limba latină cele mai valoroase capodopere ale „ştiinţei arabe".

Dacă, începînd din secolul al XIV-lea, ştiinţa în Europa creştină — care avea ca bază aceste traduceri din arabă, făcute mai cu seamă la Salerno şi Toledo — va cunoaşte o dezvoltare crescîndă, ştiinţa în ţările musulmane, dimpotrivă, va evolua în sens opus.

Pe tărîmul ştiinţelor exacte reprezentantul de cel mai mare interes este Ulugh Beg din Samarkand. În domeniul ştiinţelor naturii trebuie citat un interesant studiu de botanică al lui al-Maghrebi; iar în ceea ce priveşte ştiinţele medicale, Dāwud el-Antāki va fi „ultimul reprezentant al perioadei arabe, a cărei soartă el o încheie cu demnitate" (L. Leclerc). Geografia va fi şi ea reprezentată, în special prin „Leon Africanul care trebuie considerat, după Ibn Battūta (secolul XIV), dar cu mult înaintea marilor călători de la sfîrşitul secolului al XVIII-lea şi din secolul al XIX-lea, ca unul dintre primii exploratori ai Africii". Intervalul acestei ştiinţe arabe va fi întocmit, în secolul al XVII-lea, de către Hājjī Khalīfa în al său *Kashef Az-zunūn*.

Este neîndoios că, cu toate vicisitudinile timpurilor, cruciade, invazii mongole, războaie interne, o viaţă ştiinţifică, mai puţin strălucitoare decît în secolele precedente, persistă în ţările musulmane. Această viaţă ştiinţifică se exprimă, în principal, prin lucrări în limba arabă, cel puţin în secolul al XVIII-lea. Se semnalează, însă alături de această limbă, folosirea limbilor naţionale turcă şi persană — din ce în ce mai mult. Se întîlnesc turci şi persani scriind în limba arabă şi invers, şi oameni a căror limbă maternă este araba scriind în limba turcă ori persană. Treptat, distincţia va fi din ce în ce mai netă.

S-a scris mult despre istoria științei la turcii otomani. Unii autori s-au întrebat chiar dacă nu cumva știința în limba arabă sau persană este în bună parte opera savanților de origine turcă. Problemele raselor în studierea istoriei științei din țările musulmane fac acest studiu deosebit de complex, fără a aduce, de altfel, nimic important în această disciplină care se ocupă mai cu seamă de cercetarea progreselor de pe urma cărora pot beneficia oamenii.

Vom evita în mod voit asemenea discuții care ni se par a fi de prisos și care pot trezi polemici. De altfel, nici un importă rasa savantului ori religia sa; studierea științei în țările musulmane ar deveni imposibilă dacă ar interveni asemenea elemente. La aceste țări, savanții au consemnat la început rezultatele experienței lor în limba arabă, fiind ajutați de adevărați Mecena musulmani. Acest lucru permite să se vorbească despre „perioada arabă" sau despre perioada islamică, pe care istoricii științelor o limitează în general la secolul al XIII-lea. Mai tîrziu, savanți musulmani de diverse rase au continuat să scrie în limba arabă, în timp ce alții utilizau, cel puțin parțial, limba lor maternă.

Știința în țările musulmane, exprimată în diferite limbi, este dominată de două fapte: moștenirea arabă din evul mediu și tendința de a se îmbogăți, grație traducerilor, din cunoștințele Europei creștine.

De altfel, influența traducerilor făcute din arabă rămîne importantă, în universitățile europene, pînă în secolul al XVI-lea. Influența exercitată de arabi se manifestă în toate domeniile civilizației; din secolul al IX-lea și pînă în secolul al XV-lea, ia naștere una dintre cele mai vaste literaturi care există; producții multiple, invenții prețioase atestă minunata activitate a spiritelor în această epocă, efectul lor fiind resimțit în Europa creștină și justificînd opinia că „arabii au fost învățătorii noștri în toate" (L.A. Sedillot).

Dar, puțin cîte puțin, știința europeană se desprinde din sistemul științific al lumii musulmane, care asimilase străvechea cultură a Persiei și moștenirea clasică a Greciei, adaptîndu-se atît una cît și cealaltă nevoilor caracteristice ale arabilor și la specificul spiritului lor.

Fără a merge pînă la a admite că „dacă ei nu ar fi avut pentru a se instrui decît propriile lor lucrări, contemporanii noștri musulmani ar fi știut desigur mai puțin decît coreligionarii lor din secolul al XI-lea", nu se poate nega rolul din ce în ce mai mare jucat de știința din „țările avansate" în viața musulmanului de astăzi. Mai multe metode au fost utilizate pentru a se rupe cu trecutul și tradițiile sale care par să fi mumificat spiritul arab învăluindu-l într-un lințoliu din care abia astăzi începe să se desprindă (Philip K. Hitti).

Secolul al XVIII-lea se caracterizează prin pătrunderea științei europene. În unele țări s-au făcut traduceri: este cazul, în special, al Egiptului lui M'hamed Ali; altele au făcut apel mai mult la specialiști străini. Astfel, germanul Polak, medicul militar francez Tolozan, ca și Schilmer au scris lucrări originale. În această renaștere, știința tradițională nu a fost uitată: mai cu seamă în India au fost realizate traduceri ori ediții de texte arabe vechi.

DECADENȚA ȘTIINȚEI ARABE ȘI CAUZELE SALE. Știința în lumea arabă a fost în evul mediu, în opoziție cu situația din Europa acelorași timpuri —

strălucitoare. Dimpotrivă, timpurile moderne au văzut declinul ei. Epoca contemporană — în special anii cei mai recenţi — marchează pentru ţările musulmane un nou început care se caracterizează prin dorinţa foarte limpede de a ajunge, în domeniul ştiinţific, „ţările avansate".

Aceasta era într-adevăr necesar, deoarece, începînd din secolul al XV-lea, amuleta ia tot mai mult locul medicamentelor cu formule complicate, stabilite pe bază de experienţă. Astrologia ocupă un loc tot mai important. Superstiţia sugrumă observaţia şi experimentul.

În legătură cu cauzele acestei decadenţe, istoricii se pierd în presupuneri. Vom examina cîteva dintre cauzele propuse pentru a explica această stagnare intelectuală. Încă de la finele evului mediu anumite zone ale lumii musulmane erau supuse asalturilor cruciaţilor veniţi din Europa pentru a recuceri Sfîntul Mormînt; tulburări interne au determinat accentuarea anarhiei în cadrul imperiului care suferea totodată de pe urma invaziei mongole. Ocîrmuirea creştină i-a izgonit pînă la urmă pe musulmani din Spania şi implicit din Europa

1. *Cruciadele.* Apelul lansat în 1094 de împăratul bizantin Alexios I Comnen şi adresat papei Urban al II-lea, după ce posesiunile sale asiatice au fost invadate de turcii seldgiucizi pînă la malurile Mării Marmara, a provocat discursul acestuia din urmă, „discurs care urma să aibă cele mai mari consecinţe pentru întreaga istorie a omenirii" (P.K. Hitti). Într-adevăr, acest discurs a determinat creştinătatea să pornească spre Sfîntul Mormînt.

Dar, după o perioadă de victorii ale creştinătăţii, a urmat reacţia musulmanilor, ilustrată prin strălucitele izbînzi ale lui Saladin. După o perioadă de războaie civile, ultimii cruciaţi au evacuat definitiv Siria, în 1291.

2. *Mongolii.* Orientul musulman a suferit, de asemenea, invazia mongolă. Spre sfîşitul secolului al XII-lea, un mic şef nomad, Genghis-han, începuse o serie de cuceriri pe care succesorii săi aveau să le continue pînă la constituirea celui mai vast imperiu pe care l-a cunoscut vreodată omenirea (China, Persia, Siberia de sud, Rusia de sud, Ucraina). În 1258, hanul mongol al Persiei a cucerit Bagdadul, călcîndu-l pe calif în picioarele cailor; apoi a venit rîndul Mesopotamiei de sus, Alepului, Damascului, Palestinei, unde mongolii au întîlnit rezistenţa egiptenilor. Oraşele cucerite, unul cîte unul, au fost supuse de regulă masacrului, jafului, incendierii.

În felul acesta au fost distruse centrele ştiinţifice cu toate bibliotecile lor „cu fiecare carte în parte aproape, întrucît mongolii nimiceau tot ce era scris, de teamă să nu cruţe cumva Coranul, cartea sfîntă a Islamului" (Meyerhof).

Egiptul a scăpat de această distrugere sistematică, ceea ce i-a permis acestei ţări să rămînă cîtva timp încă un focar ştiinţific. „Condiţii geografice particulare şi izolarea sa îl obligă să cultive tradiţia; în acelaşi timp, ele îl fac mai apt de a-şi apăra sau recuceri autonomia. Literele şi ştiinţele nu mai au de aici înainte un refugiu sigur decît în Egipt şi în Siria, mult timp reunite sub acelaşi sceptru" (L. Leclerc).

În Occidentul musulman, Africa de nord va fi cea care va juca rolul de refugiu pentru ştiinţa din Spania musulmană. În secolul al XIII-lea, spaniolii şi portughezii creştini au recucerit în scurt timp cea mai mare parte a Peninsulei

Iberice (Cordoba în 1236, Sevilla în 1248). Nu va mai rămîne arabă decît regiunea Granadei, care va fi cucerită de regii catolici în 1492. Știința arabă se va retrage atunci în Africa de nord și mai cu seamă în Maroc.

Egiptenii au oprit invazia mongolă grație venirii la putere a mamelucilor (1259). Această trecere la putere a unei armate de sclavi fără cultură și fără tradiții administrative ar fi avut, fără îndoială, consecințe dintre cele mai dezastruoase, dacă, a doua zi după înfrîngerea mongolă, tronul nu i-ar fi revenit „uneia dintre personalitățile cele mai viguroase pe care le-a cunoscut istoria lumii musulmane: Beibar".

Începutul secolului al XVI-lea (1517) va cunoaște căderea acestei dinastii și stabilirea unui califat nou, de astă dată nu arab, ci al turcilor otomani. Statul turc, care rămăsese, în secolul al XVI-lea, doar cu teritoriile sale din Anatolia și Balcani, urma să cunoască o perioadă de expansiune, prin cucerirea Siriei și a Egiptului, a Bagdadului și a Irakului de la persani, a Rodosului de la cavalerii Ospitalieri, supunerea Ungariei și a Yemenului, stabilirea unor garnizoane la Tunis și Alger.

LIMBA DE TRANSMITERE A ȘTIINȚEI ÎN ȚĂRILE MUSULMANE. Începînd din secolul al VIII-lea și pînă în secolul al XIII-lea, se poate vorbi — în ciuda unor nuanțe — despre o perioadă arabă a istoriei științei: dacă nu există o unitate de rasă și nici o unitate de religie a savanților din această perioadă, există însă în mod incontestabil o unitate de limbă, la care se adaugă unitatea de religie a celor care au jucat rolul de Mecena. Într-adevăr, prinți, miniștri și chiar simpli cetățeni musulmani bogați se întreceau în zel, la început pentru a face să se traducă capodoperele științei din antichitate, iar apoi pentru a determina progresul științei. În acest scop, ei au avut în serviciile lor savanți creștini, evrei, musulmani și chiar zoroastrieni. Dar acești savanți de religii și de rase atît de diferite au scris aproape totalitatea operei lor în limba arabă.

Ali-Bīrūni, a cărui limbă maternă este persana, a proclamat că științele au fost transmise în limba arabă, abia după traducerea lor în această limbă; ele au devenit mai frumoase.

El a afirmat chiar că „preferă invectiva în arabă, laudelor în persană".

Vorbind despre studiile în „madrasele" turcești, Adnān recunoaște că toate cărțile clasice erau scrise, aproape fără excepție, în limba arabă. Deci, prima sarcină a „madraselor" era de a învăța pe elevi limba arabă, care va rămîne afirmă el, pînă în secolul al XVIII-lea, singura limbă folosită în știință, în Turcia. Același autor mai spune: „Hājjī Paşā, în prefață (la opera sa *Tas'hil ashifà*) se acuză de a fi scris-o în turcă în loc de arabă, deoarece, susține el, araba este singura limbă a științei în Turcia, ca și latina în Occident".

Dar dacă latina și-a cedat treptat locul limbilor naționale, pentru a se eclipsa total pînă la urmă, limba arabă a rămas ca limbă națională a unei mari părți din lumea musulmană. Cînd Persia și-a recucerit autonomia, limba persană

a redevenit treptat limba folosită în știință, afirmă Lucien Leclerc, care conchide:

„Literatura în «limba arabă» se împuținа tot mai mult, Persia musulmană continua să producă în propria ei limbă... Sub o formă diferită, era același fond științific. Prin persană, medicina arabă a pătruns mai mult în Orient decît o făcuse în vremurile prosperității sale".

B. PRIVIRE GENERALĂ ASUPRA PROGRESELOR REALIZATE DE SAVANŢII LUMII MUSULMANE

Știința modernă și contemporană în țările musulmane a constituit obiectul unor aprecieri severe, deseori exagerate. Vorbind despre savanții musulmani, Renaud pretinde că nu există printre ei decît compilatori care, afirmă el, juxtapun, combină, compilează: „ei devorează documentele anterioare, ei nu le digeră; ceea ce devorează ei rămîne întreg în stomacul lor; pot fi extrase bucăți întregi".

Dacă este de necontestat că compilațiile mai mult sau mai puțin inteligente, rezumatele în versuri ori proză, comentariile, formează majoritatea lucrărilor arabe în această perioadă, nu se poate nega că anumite opere prezintă o mare originalitate și constituie un progres real în raport cu știința din acel timp.

Neglijînd compilațiile și lucrările lipsite de originalitate, vom examina cîteva dintre aceste opere care au făcut să progreseze știința.

ȘTIINȚELE EXACTE. În domeniul științelor exacte, cu toate vicisitudinile timpurilor, țările musulmane au produs, cel puțin în secolul al XV-lea, lucrări de o valoare incontestabilă. Acest secol este dominat de lucrările lui Ulugh Beg, acest prinț care a avut mai mult succes în domeniul cultural decît în cel al politicii sau războiului. Urcat pe tronul Timurizilor după ce guvernase Khorasanul, Mazanda, apoi Turkestanul și Transoxiania[1], Ulugh Beg a făcut din Samarkand „centrul civilizației musulmane" (R. Grousset).

El cunoștea Coranul pe de rost, ocrotea poeții; a scris o istorie. Gusturile sale artistice l-au determinat să întreprindă construirea mai multor monumente: o mănăstire avînd cea mai înaltă cupolă din lume, o moschee cu ornamentație interioară chinezească și mai cu seamă renumitul său observator care trecea drept una dintre minunile lumii.

Giyāt ed-din Jamshīd al-Kāshī a fost primul lui director. Acest savant vorbește despre fracțiile zecimale și utilitatea lor în lucrarea sa, *Miftah a Hisàb* (Cheia calculului), cu peste un secol și jumătate înainte de Stevin care le introduce într-un mod sistematic în 1585, în *La disme*.

Qādī Zāda ar-Rùmi, născut în 1337 la Brusa, a trebuit să-și părăsească țara natală, s-a instalat la Samarkand unde a condus Universitatea (Madrasa). El l-a urmat pe Ghiyāth ad-din Jamchid ca director la observator.

[1] Denumire istorică veche desemnînd regiunea de la estul Amu-Dariei.—*N.R.*

Ali Qūshki i-a urmat lui Qādī Zāda ca director la observator. După moartea lui Ulugh Beg, el a plecat în Azerbaidjan; suveranul provinciei l-a trimis ca ambasador la Constantinopol, unde a fost angajat de Muhamed al II-lea ca profesor la Madrasa din Sf. Sofia, fiind astfel primul profesor de astronomie și de matematică în Turcia.

Ulugh Beg și echipa sa au lucrat la Samarkand pe care Tamerlan îl pregătise deja pentru a fi un mare centru cultural, atrăgînd aici oameni de litere și artiști renumiți și creînd o academie de științe. Fiul său Shah-Roukh, imitînd exemplul său, a organizat o splendidă bibliotecă, profitînd de relațiile pe care le avea cu principalii suverani ai timpului, pentru a achiziționa manuscrisele cele mai rare și mai prețioase (Sédillot). Dar Ulugh Beg, fiul lui Shah-Roukh și nepotul lui Timur, este cel care a făcut-o și mai celebră prin observatorul său, unde erau angajate peste o sută de persoane. Acest edificiu, remarcabil prin înălțimea sa, era construit pe colina Kohik și cuprindea trei etaje. Aici au fost elaborate faimoasele tabele astronomice care erau folosite, afirmă Sédillot, în toată lumea.

Aceste tabele au fost scrise pentru a se corecta calculele lui Ptolemeu, care erau în dezacord cu noile observații. Lucrarea cuprindea, în afară de lungi prolegomene, diverse calcule de date și ere; cunoașterea timpului, a cursului astrelor, poziția stelelor fixe.

Importanța acestor tabele este atestată prin lucrările al căror obiect l-au constituit ele, în special ale lui John Greaves, profesor la Oxford (Londra, 1652). Hyde a dat o traducere latină a lor (Oxford, 1665), Sédillot a dat o traducere franceză a prolegomenelor, iar E.B. Knobel a publicat catalogul de stele *(Catalogue of stars)* urmat de un vocabular persan și arab (Washington, 1917). Istoricii s-au întrebat dacă primul text a fost scris în arabă, în turcă sau în persană; mulți autori opinează pentru această din urmă limbă.

Ulugh Beg a fost executat din ordinul propriului său fiu, la 27 octombrie 1449, lăsîndu-i astronomiei un monument și o operă de prim plan. Sédillot afirmă că „o dată cu el se încheie perioada astronomică a Orientului". Aceasta nu este întru totul exact, studiul manuscriselor relevînd și alte valori, de pildă acest savant de origine algeriană, Ibn Hamza al-Maghrebi, al cărui tratat de aritmetică și algebră, în limba turcă, conține idei foarte remarcabile. Autorul, care-și făcuse studiile la Constantinopol, s-a înapoiat în acest oraș după ce a locuit o perioadă în țara natală. Lucrarea sa conține teoreme interesante referitoare la progresii; ceea ce l-a determinat pe istoricul Sālih Zāki să afirme:

„Dacă Ibn Hamza, în loc să ia o serie de numere începînd cu 1, ar fi luat-o pe cea care începe cu 0, el ar fi fost condus la inventarea logaritmilor, cu 25 de ani înainte de Neper".

În studiul actual al cercetării istoriei științelor exacte în țările musulmane, Ibn Hamza poate fi considerat ca fiind ultimul reprezentant remarcabil al

savanţilor lumii islamice. Pînă la această epocă, se poate afirma, ca şi Sédillot:

„Orientul nu a încetat să fie cuprins de flăcări de la începutul secolului al X-lea, dar ştiinţa a continuat să fie onorată, iar reprezentanţii ei nu au lăsat cîtuşi de puţin să piară valorile ce le-au fost date în grijă."

ŞTIINŢELE MEDICALE ŞI BOTANICE. În acest domeniu cercetările au fost continuate. Alături de compilaţii, rezumate, poeme didactice, comentarii (după întocmirea rezumatului, autorii lor au crezut deseori necesar să prezinte comentarii explicative), găsim o lucrare asemănătoare cu marile opere ştiinţifice din evul mediu, devenite clasice. Este vorba de *Tedhkirat Ulil-albab* (Memorial al omului inteligent) al lui Dāwud el-Antāki.

Secolul al XV-lea numără printre aceşti savanţi un poligraf, Suyūti, care ar fi omul de ştiinţă cel mai important al lumii musulmane dacă valoarea sa ar fi la acelaşi nivel cu întinderea operei scrise. Este, într-adevăr, intelectualul cel mai fecund din toată literatura arabă. Coborînd dintr-o familie persană, născut la Cairo la 3 octombrie 1445, „el a scris mai mult decît au citit alţii". Flügel citează 561 de lucrări pe care el i le atribuie, dar aceste scrieri medicale evidenţiază mai degrabă un spirit de decadenţă, dacă se ia în considerare, de pildă, înclinaţia autorului pentru utilizarea amuletelor şi pentru practici magice (Neuburger).

El nu este singurul căruia i se poate reproşa un asemenea cusur. Al-Bīstāmī, în lucrarea sa, *Perlă strălucitoare*, amestecă reţetele, practicile superstiţioase şi rugăciunile cu medicamentele.

Secolul al XVI-lea numără două nume celebre: primul pentru contribuţia sa în domeniul botanicii, al doilea pentru enciclopedia sa, în special pentru partea din această lucrare care tratează despre plantele medicinale. În domeniul botanicii, un savant musulman a elaborat o lucrare originală care merită un loc de seamă în istoria ştiinţei. Este vorba de al-Wāzir al-Ghassāni care a scris, în 1586, o lucrare intitulată *Hadikat al azhar* (Grădină de flori) ce conţine o încercare de clasificare botanică în trei gradaţii, unică în felul său în literatura botanică orientală şi care a apărut aproape în acelaşi timp cu *De plantis* a lui Cesalpino, prima clasificare raţională publicată în Europa.

Autorii din antichitate şi din evul mediu împărţeau plantele în copaci, copăcei, arbuşti şi plante ierbacee, clasificare bazată pe compararea grosieră a formelor exterioare ale plantelor şi în special a frunzelor. A trebuit să se aştepte anul 1583 în Europa şi 1586 în ţările musulmane, pentru a avea o primă încercare de clasificare sistematică. Dr. Renaud îl consideră pe al-Ghassāni ca un spirit excepţional pentru epoca şi mediul în care a trăit.

Fără îndoială că la el nu se constată încă o cunoaştere clară a importanţei preponderente pe care o are floarea şi mai cu seamă organele de reproducere pe care ea le include, pentru a da o bază certă sistematicii: el confundă sub numele de Khuyūt (fiu) pistiluri şi stamine, distingerea sexului la plante rămînînd arbitrară ca şi la antici; dar se desprind cu claritate, pe de o parte, ideea ierarhiei între caracterele plantelor, iar pe de altă parte, noţiunea de înrudire între

genurile botanice pe care el le grupează sub o denumire, cu ajutorul unor ciudate plurale pe care le-a făurit.

DĀWUD EL-ANTĀKI. Dar savantul cel mai important al secolului al XVI-lea este incontestabil Dāwud el-Antāki, „cel mai eminent medic care a trăit în Orient începînd din secolul al XIII-lea". Se poate afirma că, o dată cu el, era medicinii arabe este definitiv încheiată (Lucien Leclerc). Deși orb, el a practicat și a predat medicina, ca șef al medicilor din Egipt, la Cairo; el a murit la Mecca, în 1599.

Al său *Memorial al omului inteligent* se compune dintr-o introducere, din patru cărți de medicină și dintr-un epilog.

Dacă se admite că partea consacrată medicinii nu are nimic ieșit din comun, în schimb trebuie să se recunoască a treia carte ca foarte importantă; ea menționează peste 1700 de leacuri, în timp ce Dioscoride nu vorbea decît doar de o mie, Avicenna de 800 și Ibn al-Bāytar de circa 1400. El prezintă un rezumat substanțial al spuselor înaintașilor săi, pe care-i completează uneori. Este cazul, de exemplu, al proprietăților antisifilitice ale mercurului. Sifilisul însuși se află tratat într-un supliment din *Memorial*, operă postumă elaborată de elevii lui Dāwud, care au reprodus de altfel articolul ce se găsea într-o altă lucrare a lui el-Antāki, *Nusha*.

Noi leacuri au fost introduse în arsenalul medical arab, începînd din secolul al XIII-lea; printre ele se numără cafeaua, amintită aici pentru prima dată.

LUCRĂRI LEXICOGRAFICE. Unul dintre elevii lui el-Antāki, al-Qawsuni, i-a urmat în funcțiile de șef al medicilor din Egipt la Cairo, unde a și murit în 1634. Acesta a scris, între altele, un *Dicționar enciclopedic al medicilor și cod al competenților*, care este un extras al tuturor termenilor medicali și farmacologici din marele dicționar *Lisan el Arab*.

Alți autori și-au încheiat lucrările lor cu anexe lexicografice. S-a întîmplat deseori ca lucrarea însăși să nu ne parvină, în schimb să se regăsească asemenea anexe, care au constituit uneori obiectul unor studii critice. Se poate cita *Tuhfan el Ahbab* (Expunere față de prieteni asupra calităților plantelor și ierburilor), culegere de sinonime extrase probabil dintr-un tratat general care nu ne-a mai parvenit. Ea conține o serie de informații lexicografice interesante pentru cunoașterea vocabularului de specialitate referitor la utilizarea plantelor medicinale și a medicamentelor în Maroc. Autorul său este necunoscut. Unele citate permit ca ea să fie considerată ca o lucrare aparținînd secolului al XVII-lea. Este și cazul lucrării *Kashef Ar-Rumuz* (Culegere de enigme în explicarea medicamentelor și ierburilor), care cuprinde o mie de articole rezumînd punctele de vedere ale lui Avicenna, Ibn al-Baytār și Dāwud el-Antāki. Această lucrare algeriană este de inspirație orientală.

Interesul lucrării rezidă în descrierea cîtorva medicamente noi, de pildă, gaiacul, sasafrasul, salcea, extrase din arborele de chinină, ceea ce demonstrează relații cu Europa. L. Leclerc distinge în ea anumite expresii locale, dintre care unele împrumutate din limba kabililor, de asemenea și absența procedeelor superstițioase și a autorității profetului.

În secolul al XIX-lea, un alt autor marocan din Fes, Abdesselem ben Mohamed el-Alami, care și-a făcut studiile medicale la Școala de medicină din Cairo, întemeiată de medicul francez Clot Cey sub domnia lui M'Hamed Ali, a tradus în dialectul din Fes lucrarea lui Dāwud el-Antāki *Luminile limbii asupra explicării plantelor medicinale*; el a încercat să prezinte corespondența termenilor farmacologici cuprinși în a treia carte din *Tadhkirat* a lui Dāwud.

GEOGRAFIA ȘI ȘTIINȚA NAVIGAȚIEI. Geografia și știința navigației au continuat să prospere. Nu poate fi trecut cu tăcerea Ibn Mādjid, „leul mării în furie", care, potrivit lui Gabriel Ferrand, nu este altul decît *malenco canaqua*, cîrmaciul care l-a condus pe Vasco da Gama de la coasta Africii la Calicut.

Un alt geograf care a reprezentat de asemenea o legătură între vestigiile științei arabe și Europa din secolul al XVI-lea este Leon Africanul, cu numele său arab al-Hasan ben Mohamed al Wazzān az-Zayyatī, care a părăsit Granada împreună cu părinții săi la vîrsta de numai cîțiva ani, ca urmare a ocupării acestui oraș de către regii catolici Ferdinand și Isabela, în 1492. Refugiat la Fes, el și-a făcut aici studiile, apoi a început să călătorească. În cursul uneia dintre călătoriile sale, probabil cu prilejul unei escale în insula Djerba din Tunisia, el a fost capturat de corsarul sicilian Pietro Bovodiglio și oferit drept dar papii Leon al X-lea; acesta din urmă l-a pus să fie catehizat și, după un an de internare, l-a botezat în 1520 cu numele de Johannis Leo de Medicis. El a scris o descriere a Africii, care cuprindea însă o serie de erori, datorate faptului, mai cu seamă, că a fost elaborată din memorie. Lucrarea sa, scrisă în italiană, a fost tradusă în limba latină de Y. Florian, apoi în limba franceză de J. Temporal. Ea a făcut obiectul unei noi ediții franceze scoase sub îngrijirea lui M.A. Épaulard.

Geografii turci au lăsat opere magistrale, majoritatea scrise în limba lor. Politica de extindere teritorială și apariția corsarilor au condus la o puternică dezvoltare a științei navigației. Chiar într-un studiu consacrat esențialmente științei, în limba arabă, nu se poate trece cu vederea peste savanți musulmani, ca Priri-Reis, amiral turc care ne-a lăsat o hartă executată după cea a lui Cristofor Columb. Lucrarea sa *Bahrya* este un portulan al Mediteranei. Priri-Reis a avut un sfîrșit tragic: Soliman Magnificul a dispus, în 1554, executarea lui, ca urmare a unui denunț mincinos.

HĀJJĪ KHALFA ȘI BIBLIOGRAFIA SA. Fie că e vorba de științele exacte, naturale sau medicale, am văzut că secolul al XVII-lea reprezintă o epocă începînd de la care puține lucruri demne de interes pot fi reținute pentru istoria științei în țările musulmane care foloseau araba ca limbă de comunicare științifică. O operă merită atenție specială în secolul al XVII-lea; este bibliografia metodică a literaturii arabe, *Kashef az-zunūn*. Autorul ei, care a participat la mai multe expediții militare ca „funcționar de birou și nu în calitate de combatant", va termina prin a se stabili la Istanbul, pentru „a se dedica, spune el, marelui război sfînt (știința), abandonînd micul război sfînt" *(Djihed)*. Acest lucru este cu atît mai surprinzător, cu cît el își datorează numele de „Hājjī" faptului că efectuase pelerinajul la Mecca. Autorul a folosit

o mare parte a celor două moșteniri pe care le-a primit, pentru constituirea unei importante biblioteci, și s-a dedicat pînă la moartea sa, în 1657, studiilor. El nu a făcut niciodată studii regulate în „madrasas", ceea ce nu l-a împiedicat să scrie douăzeci de lucrări, dintre care *Kashef az-zunūn*, scrisă în arabă, a fost editată în arabă și tradusă în limba latină de Flügel.

Introducerea acestei imense enciclopedii orientale ne oferă o privire de ansamblu asupra științelor și filozofiei în limba arabă (Adnān). Acest studiu ușurează munca istoricilor științei din țările musulmane pînă în secolul al XVII-lea, adică pînă la sfîrșitul epocii cînd lucrări demne de interes au fost scrise în limba arabă.

CONCLUZII. Am văzut că, cu toate dificultățile interioare și exterioare — lupte interne, cruciade, invazii mongole — nu se poate nega persistența unei vieți științifice în lumea musulmană. Totuși, aceasta este departe de a putea fi comparată cu cea care prospera, în cursul aceleiași epoci, în Europa. Ea nu este comparabilă nici cu activitatea științifică pe care au cunoscut-o aceleași țări musulmane în timpul evului mediu.

Pentru a încheia, rămîne să mai examinăm raporturile dintre țările musulmane și Europa. Aceste raporturi, foarte înfloritoare din secolul al XI-lea și pînă în secolul al XIII-lea, perioadă în care capodoperele științei arabe au fost traduse în latină, au intrat de atunci într-un declin progresiv. Epocii de traducere a științei arabe în limba latină, i-a urmat cea a lucrărilor de erudiție — care au fost numeroase în ultimul secol. În acest timp, și în sens invers, interesul manifestat de țările musulmane față de știința europeană nu a făcut decît să crească. Și nu se poate studia știința din țările musulmane în cursul secolului al XX-lea — ea va fi tratată în volumul următor — fără a lua în seamă acest aspect al raporturilor științifice dintre Europa și aceste țări musulmane. Pentru a nu dăuna unității acestei lucrări, ansamblul raporturilor dintre Europa și țările musulmane va fi studiat în acel capitol.

BIBLIOGRAFIE

În afară de articolele apărute în revistele de specialitate („Archives internationales d'Histoire des Sciences", „Isis", „Journal Asiatique"), pot fi consultate următoarele opere:

A. ADNAN (-ADIVAR), *La science chez les Turcs Ottomanes*, Paris, 1939.
W.W. BARTHOLD, *Four Studies on the History of Central Asia*, vol. II (Ulugh-Beg).
B. BEN YAHIA, *Știința în țările musulmane în secolul al XVI-lea. Dāwud al-Antāki și a sa Tadkira*, în *La Science au XVI-e siècle*, Paris, 1960.
C. BROCKELMANN, *Geschichte der arabischen Litteratur*, 5 vol., Berlin și Leyda, 1898—1942.
A. EPAULARD, *Jean Léon l'Africain. Description de l'Afrique*, Paris, 1956.
Encyclopédie de l'Islam (articole diverse).
HAJJI KHALĪFA (articole diverse).
P.K. HITTI, *Précis d'Histoire des Arabes* (trad. fr.), Paris, 1950.
L. LECLERC, *Histoire de la Médecine arabe*, t. II, Paris, 1876.

A. MIELI, *La science arabe et son rôle dans l'évolution scientifique mondiale*, Leyda, 1939.
MUHIBBI, *Khulasàt al-Athar*. t. II.
H.P.J. RENAUD, *Adăugiri şi corecturi la Suter*, în „Isis", vol. XVII.
IDEM, *O încercare de clasificare din punct de vedere botanic a operei medicilor marocani din secolul al XVI-lea (Mémorial H. Basset)*.
IDEM, *Despre unele achiziţii recente referitoare la istoria medicinii în Maroc* (V-e Cong. Int. Hist. Méd., Geneva, 1925).
IDEM, *Ibn Bāsa*, în „Hesperis", 1937.
H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Leipzig, 1900.
G. SARTON, *Introduction to the History of Science*, t. III, vol. II, Baltimore, 1948.
E.-A. SÉDILLOT, *Prolégomènes des tables astronomiques d'Oloug-Beg*, Paris, 1847—1853.
IDEM, *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, Paris, 1844.
IDEM, *L'histoire des sciences chez les Orientaux*.
TOGHÀN, *Tuath al-'Arab al Ilmi fil-Riyadhiyat wa Falak*.
F. WÜSTENFELD, *Geschichte der arabischen Aerzte und Naturforscher*, Göttingen, 1840.
S. ZAKĪ *Athār-i-bāqiya* (Istoria matematicii arabe), în limba turcă, 2 vol., Istanbul, 1911.
A. SAYILI, *The Observatory in Islam*, Ankara, 1960.

CAPITOLUL V
Începuturile științei în Vietnam

Între India și China se plasează un anumit număr de „Indochine" culturale, politice sau geografice, adică țări care au cunoscut în același timp, și într-o măsură diferită, influența a două mari civilizații din Asia, cea indiană și cea chineză.

Indochina geografică[1] cuprinde un grup occidental hinduizat — Birmania, Champa[2] și Cambodgia — și un alt grup pe care-l reprezintă în principal Vietnamul. Studiul nostru se va limita la această din urmă regiune, Vietnamul.

Începînd din neolitic, nucleul etnic protovietnamez, probabil deja eterogen, se constituie la nordul și în centrul Vietnamului; cultura sa nu pare să difere de cea a altor regiuni ale Indochinei din aceeași epocă: olărit, unelte din piatră șlefuită, vînătoare, cules de fructe. Agricultura, cultura plantelor comestibile, creșterea animalelor par să nu fi existat încă. Epoca metalelor nu începe decît între secolele IV și III î.e.n., dacă ne referim la datările cele mai optimiste ale înfloririi civilizației dongsoniene a bronzului. În aceeași epocă se va plasa începutul epocii fierului în Vietnam. Într-adevăr, la Dongson, alături de obiecte din bronz, au fost găsite cîteva arme și unelte din fier. Va trebui să se aștepte începutul erei noastre pentru ca fierul să se generalizeze în dauna bronzului. Dar atît tehnica bronzului, cît și tehnica fierului au fost cu certitudine introduse din China, a cărei civilizație era evident mai avansată. Începînd din anul 111 î.e.n., influența politică exercitată de China asupra Vietnamului, influență care a durat pînă în 1884, s-a exercitat și în domeniul dezvoltării civilizației vietnameze și în evoluția culturii și a științei vietnameze.

■

Nu se știe nimic despre situația științei în Vietnam înainte de cucerirea chineză. După aceea, civilizația chineză s-a implantat treptat în Vietnam, iar chineza a devenit limba oficială, științifică, literară și religioasă a țării. Din al doilea secol al erei noastre, budismul își face apariția în Vietnam,

[1] În accepția unor autori din țările occidentale. — *N.R.*

[2] Regat independent în partea de sud a peninsulei Indochina, care a existat de la sfîrșitul secolului al III-lea pînă în secolul al X-lea. — *N.R.*

fiind importat de călugării budişti misionari veniţi din China sau din India, care au adus probabil cu ei elemente ale ştiinţei şi ale tehnicilor indiene şi chineze. Nu dispunem însă de documente în această privinţă. Ulterior, cîţiva călugări budişti s-au relevat ca mari literaţi, mari botanişti şi mari medici. În cursul acestei perioade, ştiinţa chineză a putut pătrunde în Vietnam prin intermediul unor lucrări importante, precum şi prin vietnamezii care plecau să-şi facă studiile în China. Dar exportarea din China a unor enciclopedii, procedee tehnice, plante necunoscute în Vietnam, era, în multe cazuri, interzisă; ea nu putea fi realizată uneori decît în secret, prin vicleşuguri ingenioase. Printre cărţile ştiinţifice elaborate în Vietnam este antologia botanică a regiunilor meridionale redactată de Ki Han din epoca Tsin (265—419), intitulată *Nan fang ts'ao mou tchouang*.

VIETNAMUL, REGAT VASAL AL IMPERIULUI CHINEZ. În vechiul Vietnam, ştiinţa experimentală, aşa cum o concepem în Europa, nu a existat. Acest fenomen era de altfel general în Asia, iar China şi India, înainte de contactul lor cu occidentalii, aveau mai cu seamă o ştiinţă empirică şi tehnică. Cultura chineză puţin diferită de cultura europeană din evul mediu, acorda un loc preponderent şi nobil literaturii, filozofiei şi moralei, în dauna realizărilor tehnice şi ştiinţifice. Dar, chiar pentru acestea din urmă, structura esenţialmente rurală a Vietnamului era mai puţin propice dezvoltării lor decît condiţiile din China; într-adevăr, populaţia urbană în Vietnam rămînea, în 1939, sub 3,5%. Această structură se deosebea de cea a unor provincii chineze, unde o civilizaţie de tip urban, avînd şi un caracter comercial, larg deschisă influenţelor exterioare, putea oferi condiţii mai bune de dezvoltare achiziţiilor ştiinţifice şi tehnice. Limba chineză, în China şi în Vietnam, iar în Vietnam şi limba vietnameză transcrisă cu caractere chineze *(chu nôm)*, au fost — datorită însuşirii lor de a exprima mai bine noţiunile concrete decît abstracte, precum şi impreciziei lor în reflectarea noţiunilor ştiinţifice moderne — un obstacol destul de serios pentru progresul ştiinţei. În plus, spiritul conservator al elitelor şi al claselor conducătoare, disprețul lor faţă de progresul material şi faţă de realizările străinătăţii au împiedicat vreme îndelungată orice progres al cunoştinţelor lor. Lumea sino-vietnameză era fixată în cadrul tradiţiilor de către puterea politică, aceasta din urmă temîndu-se de orice evoluţie şi orice revoluţie, precum şi de un sistem de reguli şi imperative morale care o menţionau insistent pe făgaşele trecutului.

Dar, în decursul secolelor de influenţă chineză, vietnamezii s-au mulţumit să introducă la ei tehnicile chineze. Ambasadorii vietnamezi însărcinaţi să ducă tributul în China au fost principalii făurari ai introducerii acestor tehnici în ţara lor.

În ceea ce priveşte tiparul, se pare că lucrările xilografiate nu apar decît în secolul al XVII-lea; aşa se explică de ce unele texte importante au rămas mult timp sub formă de manuscris şi în consecinţă puţin cunoscute. Acesta a fost destinul enciclopediei medicale a lui Lãn-Ông, ale cărei prime copii manuscrise datează din 1770, iar primele xilografii, din 1886.

Ocupația chineză din timpul dinastiei Ming a dat o puternică lovitură progresului cunoașterii în Vietnam. Cu toate acestea, două evenimente ulterioare au trezit treptat spiritele de elită vietnameze: în secolul al XVI-lea, venirea europenilor, apoi, în a doua jumătate a secolului al XVII-lea, prezența în sudul Chinei și în Birmania a ultimilor descendenți ai dinastiei Ming, înconjurați de misionari creștini, cum era de pildă R.P. Boym (H. Bernard-Maître). În sfîrșit, începînd din secolul al XVII-lea, misionarii europeni din Vietnam s-au gîndit, pentru ușurința lor, să romanizeze limba vietnameză. În felul acesta ei au putut să transcrie această limbă fără a trece prin servitutea caracterelor chineze și *nôm*. *Qúôc-ngũ*-ul astfel constituit s-a dezvoltat mai întîi în comunitatea creștină; el nu a căpătat o mare extindere și nu a putut elimina caracterele chineze și *nôm* decît sub dominația franceză. Această substituire a unei grafii alfabetice cu o grafie ideografică a contribuit la înlesnirea traducerilor de lucrări științifice occidentale în limba națională.

După exemplul omologilor lor chinezi, împăraților din Vietnam le plăcea să se înconjoare cu misionari, unii versați în științele exacte, alții în medicină și în științele naturale.

În astronomie, chiar dincolo de secolul al XVII-lea, vietnamezii nu fac decît să urmeze datele astronomiei chineze, întemeiată pe observarea aștrilor în vederea stabilirii calendarului. În schimb, la fel ca și în China, misionarii au difuzat în Vietnam anumite cunoștințe de astronomie.

Astfel, în *O călătorie la Tonkin*, apărută în 1688, William Dampier spune despre tonkinezi: „Unii dintre ei au făcut progrese destul de considerabile în astronomie, de cînd iezuiții au venit în această țară; ei i-au inițiat în revoluția planetelor, precum și în filozofia naturii și morală".

Printre matematicienii, astronomii, geometrii și fizicienii angajați de Minh-vúóng (1691—1725), sînt de menționat nume, ca cele ale misionarilor Antonis de Arnedo și Lima. Võ-vûóng (1738—1765) i-a folosit pe misionarii Jean Siebart, Slamenski, Jan Koffler, de Monteiro și Joseph Neugebauer. Monteiro construise o pompă de incendiu. Mai tîrziu, Boisserand (mort în 1797) va uimi Curtea de la Annam prin experiențele sale de electricitate și baloanele sale.

Medicii au fost de asemenea foarte numeroși, fie că erau preoți, sau laici. După perioada petrecută aici de preoții Terrentius (de la 1619 pînă în 1621) și M. Boym (1645), mai mulți misionari au îndeplinit funcții de medici pe lîngă împărați ori nobili. Așa a fost cazul, în secolul al XVII-lea, al misionarilor B. da Costa și Vachet și al preotului Langlois care a construit un spital la Huê în 1680 și a devenit medicul Curții. La fel a fost, în secolul al XVIII-lea, cu misionarii Sana, S. Pires, Siebert, J. Koffler și Juan de Loureiro (1710—1791) acesta din urmă fiind autorul unei foarte importante *Flora cochinchinensis* (1790).

Printre medicii laici care au trăit la Curtea din Huê, citățm: englezul Duff (1747—1824), care l-a operat cu succes pe Võ-vúóng de o fistulă anală; Philibert, chirurg al Companiei franceze a Indiilor, care a venit la Tourane fiind trimis de Dupleix înainte de 1750; Despiau (mort în 1824) care, debarcat

în Cochinchina[3] în 1789, a plecat în 1820 la Macao (Aomîn) pentru a aduce primul vaccin antivariolic folosit în Vietnam; P.M. Diard (1794—1863) care a făcut prima recunoaştere zoologică şi botanică a Vietnamului; George Finlayson care a însoţit în calitate de chirurg misiunea Crawfurd la Saigon, Tourane şi Huê (1822).

Între 1820 şi 1862, Vietnamul, ca şi China, încearcă să scape de influenţa Occidentului, printr-o întrerupere totală a relaţiilor sale cu ţările care puteau să-i aducă mijloace de progres. Cîţiva vietnamezi au avut totuşi permisiunea să călătorească în străinătate. Ei şi-au dat seama de pericolul pe care-l reprezenta izolarea ţării lor şi disprețuirea ştiinţei moderne. Pham-Phú-Thú (1820—1881), trimis în misiune în China şi apoi în Franţa, a lăsat un tratat de botanică medicală, principii de navigaţie maritimă şi de exploatare a minelor de cărbune, precum şi o antologie ştiinţifică. Nguyen-Trúóng-Tô (1828—1871), care l-a însoţit pe episcopul Gauthier în Europa, a obţinut, după ocuparea Cochinchinei de către Franţa (1863), crearea unui colegiu ştiinţific occidental (1867) şi trimiterea de studenţi în Franţa (1870).

Cu toate acestea, tehnicienii şi medicii, în majoritate autodidacţi, rămîneau prea izolaţi şi prea lipsiţi de lucrări europene susceptibile a fi traduse, în vederea stabilirii unui curent intelectual de durată. *Qúôc-ngũ* nu era încă popularizat şi străinii nu erau în contact decît cu medii sociale locale restrînse.

Misionarii, dimpotrivă, par a fi mai interesaţi în ştiinţe decît confraţii lor de la universităţile spaniole din Filipine şi din Mexic. Dar în jurul lor nu se dezvoltă acest „comerţ de lumini" care a făcut cunoscute chinina şi circulaţia sîngelui în China, iar în Japonia a creat Şcoala medicală a „Barbarilor de Sud". Strălucirea lor nu depăşeşte anturajul suveranilor luminaţi ai Vietnamului. De altfel, ştiutorii de carte contemporani par să nu fi cunoscut nici literatura ştiinţifică sino-iezuită, nici lucrările ştiinţifice chineze care au fost ecoul lor.

Listele şi repertoriile de publicaţii arată că lucrările istorice, religioase, literare sînt într-un număr evident superior celui al lucrărilor ştiinţifice. Pe deasupra, nu e cazul să numărăm între acestea din urmă — aşa cum o făceau altădată vietnamezii — lucrările consacrate unor pseudoştiinţe, ca geomanţia, chiromanţia, fiziognomonia, astrologia. Doar geografia, medicina şi calculul au dat naştere la producţii interesante. În aceste domenii, mai cu seamă în medicină, ştiinţa vietnameză nu a fost decît o simplă plagiere a ştiinţei chineze. În Vietnam, ca în Japonia şi Coreea, substraturile locale au reacţionat la valorile aduse din străinătate. Cu toată cultura lor profund chineză, medicii vietnamezi nu au acceptat nici toate teoriile, nici toate practicile şi terapeuticile maeştrilor lor chinezi, iar dacă i-au aşezat pe aceştia din urmă în panteonul lor, ei le-au adăugat patroni naţionali ca Tuê-Tînh şi Lañ-Ông.

GEOGRAFIA. Geografia în Vietnam a fost concepută mai degrabă ca o anexă a politicii decît ca o disciplină ştiinţifică. Într-o manieră chinezească, ea comportă monografii ale unor provincii şi un număr destul de mare de portu-

[3] Denumire istorică a părţii de sud a regiunii situate la est de fluviul Mekong — *N.R.*

lane și itinerare. Unul dintre tratatele de geografie cele mai vechi care sînt cunoscute a fost elaborat spre anii 1333, de către Lê Tâc, vietnamez refugiat în China (ed. japoneză, 1884; trad. fr. de C. Sainson, 1896). O altă geografie veche este cea a lui Nguyên Trãi (1380—1442). De la sfîrșitul secolului al XV-lea și pînă în 1882, au fost publicate prin ordin imperial numeroase tratate ilustrate cu hărți și planuri. Secolul al XIX-lea a fost epoca de aur a geografiei vietnameze.

MATEMATICA. În secolul al XV-lea, se cunosc doi autori importanți: primul, Vũ-Hũu, va fi autorul unei *Metode foarte complete de calcul* (Dai thanh toan phap), unde este prezentată măsurarea orezăriilor; al doilea, Luong-Thê-Vinh, a pus la punct și a reeditat lucrarea rivalului său și a introdus în Vietnam metoda chineză de numărare cu abacul.

MEDICINA. Din cauza caracterului său profund utilitar, medicina i-a interesat mult pe vietnamezi. Este de menționat coexistența a două sisteme, unul meridional care reprezintă un ansamblu de tradiții populare transmise oral și care nu recurge decît la produse ale naturii vietnameze; altul, sistemul septentrional, este dimpotrivă un sistem savant transmis prin cărți și inspirîndu-se direct din medicina chineză. Principalele subiecte tratate de această medicină sino-vietnameză sînt medicina generală, pediatria, ginecologia, medicina legală, substanțele medicale, bolile contagioase. Ca și alte corporații meșteșugărești, medicii aveau geniile lor protectoare, adică medici iluștri pe care ei îi venerau la anumite date în temple speciale. Unul dintre aceste temple exista încă în 1954. Medicii erau mai mult sau mai puțin controlați printr-un organism național *(Y-têbô)* care se ocupa de predarea medicinii. De fapt, medicina se învăța pe lîngă un medic cunoscut care deschidea o școală medicală, ce era deseori și literară și filozofică. Dar existau și medici autodidacți, foști laureați ai concursurilor literare, care puteau să aibă acces direct la clasicii medicinii chineze.

În ansamblu, valoarea profesională a medicilor vietnamezi era departe de a fi neglijabilă. Ea a fost apreciată de misionari, dintre care cel mai ilustru, Alexandre de Rhodes (1591—1660), scria:

„S-ar putea rîde de aceste popoare dacă aș spune că la ele se face medic oricine dorește, totuși eu, care am fost aici pe mîinile lor și sînt martor a ceea ce știu ei să facă, pot afirma că ei nu sînt cîtuși de puțin mai prejos decît medicii noștri".

Lucrările chineze care au influențat cel mai mult medicina vietnameză sînt *Nei-king* (Canon al medicinii), *Nan-king* (Clasic tratînd despre problemele dificile), *Mö-king* (Tratat al pulsului), *Kin-kouei* (Rețete din cufărul de aur) și *Chang han louen* (Tratat al bolilor contractate la frig). Printre medicii chinezi care i-au inspirat cel mai mult pe confrații lor vietnamezi, vom cita pe: Li Che-tchen (1518—1593), Yu Tchang (secolul al XIX-lea), Fong Che (c. 1702), Fong Tchao-tcheng (secolul al XVIII-lea).

Cei mai mari doi medici vietnamezi sînt Tuê-Tĩnh și Lãn-Ông. Primul este un călugăr budist care a învățat în China botanica medicală și a lăsat o

farmacopee vietnameză (secolul al XIV-lea) din care se cunosc trei ediţii xilografiate (1717, 1726, 1761). El descrie 650 de medicamente specific vietnameze, preferabile, ca atare, celor folosite în nordul Chinei. Este primul medic vietnamez care a dat dovadă de o reală originalitate. Cartea sa, scrisă într-o grafie mixtă, sino-demotică, a fost parţial tradusă în vietnameză şi în franceză. Lãn-Ông (1720—după 1786) a scris în limba chineză o enciclopedie medicală în 10 volume, din care există mai multe traduceri vietnameze. Această operă, remarcabilă prin tendinţele sale raţionaliste, prin claritatea şi etica sa înaltă, este întemeiată pe o îndelungată experienţă personală. Domnia împăratului Gia-Long a fost o perioadă strălucitoare pentru Vietnam şi pentru medicina sino-vietnameză. Organizarea sănătăţii publice a fost pusă în picioare din punct de vedere administrativ (1805—1814); învăţământul oficial al medicinii va fi organizat ulterior la Huê, în 1850 sub Tú-Duc. Din perioada dinastiei Nguyên se cunosc un mare număr de lucrări medicale, dintre care una singură, *Cartea reparării relelor* a lui Vúóng-Hũu-Hòe, transpunere a lucrării *Si yuan lou*, a fost tradusă în limba franceză de Litolff (1909).

În cursul perioadei coloniale, pe care o vom aborda în volumul următor, ştiinţa din Vietnam se va repartiza în două direcţii diferite: pe de o parte, ştiinţa tradiţională sino-vietnameză, pe de alta, ştiinţa occidentală, la început deţinută în întregime de francezi.

BIBLIOGRAFIE

DUÓNG-BÁ-BANH, *Introduction à l'étude de la médecine au Vietnam*, teză din Hanoi, 1947.

DAO-DUY-ANH, *Viêt-nam van-hóa sù-cúóng* (Istoria succintă a civilizaţiei vietnameze).

M. DURAND, *Medicina chineză şi vietnameză:* bibliografie, în „Bulletin de l'École française d'Extrême-Orient", 1956.

E. GASPARDONE, *Bibliografie anamită (ibidem*, 1934).

P. HUARD, *Studii privind medicina străveche chineză şi vietnameză*, în „Bulletin de la Société des Études indochinoises", 1956.

IDEM, *Medicina chineză şi vietnameză (Concours médical*, 1957).

P. HUARD şi M. DURAND, *Lãn-Ông şi medicina vietnameză*, în „Bull. Soc. Études indoch.", 1953.

IDEM, *Connaissance du Vietnam*, Paris, 1954.

IDEM, *Un tratat de medicină chino-vietnameză din secolul al XVIII-lea*, în „Rev. hist.sci.", 1956.

NGUYÉN-TRAN-HUAN, *Histoire des premières relations entre la médecine chinoise et la médecine vietnamienne (*Congresul sinologilor, Paris, 1956).

TRÂN-HÀM-TÂN, *Notes bibliographiques sur la pharmacopée sino-vietnamienne* (trad. M. DURAND), Dân Viêt-nam, 1948.

TRÂN-NGOC-NINH, *Etica în medicina chineză şi vietnameză*, în „Arch. int. Hist. Sci", 1953.

CAPITOLUL VI

Progresele științei moderne în Extremul Orient, în secolul al XIX-lea

În China ca și în Japonia, spre mijlocul secolului al XIX-lea, știința modernă nu pătrunsese încă decît cu totul parțial și incert; nici contribuțiile iezuiților la Curtea de la Pekin, nici contactele savanților japonezi cu negustorii olandezi din Deshima (vol. II, pp. 733—746) nu au fost suficiente pentru a integra din plin aceste țări în comunitatea științifică internațională. Caracterul precapitalist al activității economice, orientarea conservatoare a statului și a gîndirii oficiale erau puțin favorabile pentru înflorirea deplină a acestor germeni ai științei moderne apăruți în contact cu Occidentul.

Condițiile difuzării științei moderne și ale cercetării științifice originale vor fi radical modificate în aceste două țări, datorită unor evenimente politice, ca războaiele opiului și procesele de lentă transformare economică și politică pe care le-au declanșat ele în China, mișcarea reformatoare *Meiji* și rapida modernizare a Japoniei pe care o duc la bun sfîrșit promotorii ei.

NOILE CONDIȚII DE PROPAGARE A ȘTIINȚEI ÎN CHINA. Războaiele opiului (1840—1842 și 1856—1860) le permit puterilor occidentale să pătrundă, din punct de vedere economic și politic, în China. Principalele porturi chinezești sînt „deschise" comerțului, iar zone cu statut special, „concesiunile" sînt administrate de occidentali, ieșind complet de sub controlul autorităților chineze. Insula Hongkong, în largul Cantonului [Guancijou,] a devenit un teritoriu britanic.

În concesiuni, străinii pot să se instaleze în deplină libertate, să acumuleze bunuri și să întemeieze instituții de tot felul. Dezvoltarea comerțului spre piețele din exterior și din interior va antrena după sine înflorirea unei burghezii și a unei „intelectualități" chineze foarte active, dornice de cunoștințe noi. Contrar deci cu ceea ce se întîmplase în epoca propagării iezuite, știința modernă nu se va mai găsi în contact doar cu curtenii naivi ai împăratului, ci, în mod direct, cu straturi mai receptive și mai mobile ale societății chineze; diferența de reacție a celor două medii va fi simțitoare. Porturile deschise, mai cu seamă cele două mai importante, Canton și Șanhai, vor deveni

în scurt timp centre active în difuzarea științei moderne[1]. La fel se va întîmpla cu Hongkongul.

Printre avantajele obținute de occidentali ca urmare a războaielor opiului, figurează de asemenea libertatea de evanghelizare în toată China, pentru misiunile catolice și protestante. Ele vor profita pe larg de aceasta, dar nu ca în secolul al XVII-lea, cînd încercau să forțeze adeziunea împăratului și a Curții prin revelarea cunoștințelor lor superioare, ci prin cîștigarea mai ales a păturilor burgheze ale populației, precum și a intelectualilor din aceste porturi deschise spre care se deplasează atunci centrul de greutate al vieții chineze. Activitatea lor medicală, în special, va fi considerabilă.

ACTIVITATEA ȘTIINȚIFICĂ A MISIUNILOR. La Canton, în 1835, Peter Parker, membru al unei societăți protestante americane, deschide primul spital misionar din China; el întemeiază, în 1838, Medical Missionnary Society; alte centre spitalicești misionare se creează în anii următori la Hankeu, Ningpo, Suateu și în alte orașe. La Canton, acești medici misionari anglosaxoni moșteneau, de altfel, activitatea desfășurată la începutul secolului al XIX-lea de medicii de la East India Company. Unul dintre ei, Alexander Pearson, introduce, în 1805, vaccinul la Macao[2]; el își formează ajutoare din rîndul chinezilor, dintre care cel mai activ este Yeu Ho-ch'uan, care publică, în 1818, un tratat chinezesc asupra vaccinării și va vaccina, se zice, un milion de persoane pînă la moartea sa, survenită în 1850. O dată cu fundarea spitalelor misionarilor, vaccinarea este reluată pe larg, cu porțile deschise.

Pentru a asigura formarea profesională a colaboratorilor lor chinezi, medicii misionari traduc ori elaborează manuale de medicină practică, cum sînt tratatele de anatomie (1850), de chirurghie (1857), de farmacopee (1858) ale lui Bejamin Hobson; cum sînt cele ale lui John Kerr, succesor al lui Parker la Canton, despre bolile de piele (1874), despre sifilis (1875); cum este vocabularul medical chinezesc în șase volume al lui John Dudgeon. Unii dintre elevii chinezi ai misionarilor s-au dovedit deosebit de înzestrați: Kuan A-tu, elev al lui Parker, primul medic chinez care a practicat chirurgia modernă, sau Huang Kuan (Wong Fun) trimis ca student în Statele Unite în 1854, diplomat la Yale și la Edinburg, și care, după întoarcerea sa, a lucrat la spitalul misionarilor din Canton. Dacă un altul dintre acești elevi a devenit un mare om de stat, mărturiile concordă în a lăuda marea sa îndemînare de chirurg: Sun Yat-sen s-a inițiat în medicina modernă la Canton, pe lîngă doctorii Kerr și Cantlie; înainte de a părăsi complet medicina pentru a se dedica politicii, el a practicat-o cîtva timp la Macao și Hongkong, și maestrul

[1] De fapt, este vorba de o *reîntoarcere* a științei moderne spre aceste porturi. M. Ricci, înainte de a hotărî să acționeze direct la Curtea imperială, și-a început opera de propagare a științei printre negustorii și cunoscătorii de carte din regiunea Cantonului, apoi din regiunea Yangtze-ului de Jos (vol. II, p. 737).

[2] E interesant de menționat că, în timpurile îndepărtate ale dinastiei Song (secolele X—XII), s-a cunoscut în China variolizarea, strămoșul vaccinului; această tehnică a fost transmisă în Europa prin intermediul turcilor, și ea i-a facilitat lui Edward Jenner descoperirea vaccinului.

lui, Cantlie povestește că îi făcea plăcere să asiste la operațiile elevului său.

Misionarii au contribuit de asemenea la înzestrarea științifică a porturilor deschise, în special a Șanhaiului devenit, începînd din anii 1860, unul dintre marile porturi ale Pacificului și principalul centru al activităților financiare și comerciale ale Occidentului în China. Atunci cînd englezul Robert Hart, căruia guvernul manciurian de la Pekin i-a încredințat sarcina de inspector general al vămilor din China, a vrut să stabilească un control sanitar al vaselor, pentru a feri „concesiunile" de epidemii de peste mare, el a angajat în acest scop medici misionari anglo-saxoni care au exercitat în principalele porturi funcția de inspector medical al vămii. Inființarea, în 1873, de către preoții iezuiți francezi, a Observatorului din Zikawei, situat în apropierea Șanhaiului, și care s-a specializat în observația meteorologică, în special în prevederea taifunurilor, se plasează în același context; pentru acești astronomi iezuiți, nu se mai punea problema instalării lor la Curtea de la Pekin, așa cum au făcut-o în secolul al XVII-lea iluștrii lor predecesori Ricci, Schall și Verbiest, ci de a se stabili în centrul traficului comercial străin în China, pentru a contribui la dezvoltarea lui. Acest exemplu pune clar în evidență itinerarele cu totul noi pe care se realiza, în această ultimă perioadă transmiterea cunoștințelor științifice de către misionari în China.

Tot atît de semnificativ este faptul că Alexander Wylie, misionar al London Missionary Society, reia traducerea în limba chineză a *Elementelor* lui Euclid exact de unde o lăsase Ricci, adică la Cartea a VI-a; el publică la Șanhai, spre 1860, o traducere a ultimelor cărți, precum și a tratatului de geometrie analitică, de calcul diferențial și de calcul integral al lui Loomis și a tratatului de astronomie al lui J. Herschel.

EFORTURI DE PROPAGARE A ȘTIINȚEI MODERNE DE CĂTRE AUTORITĂȚILE CHINEZE SPRE SFÎRȘITUL IMPERIULUI. La rîndul lor, oamenii de stat chinezi sînt mult mai puțin indiferenți la propagarea științei moderne în țara lor decît predecesorii lor din secolul al XVII-lea. Cuvîntul de ordine este de a „întări China prin ea însăși" *(tse-kiang)*, și progresul științific le apare, la cei mai lucizi dintre marii mandarini, ca un element important al acestei întăriri. O asemenea preocupare îl animă deja pe Lin Tse-siu, vicerege trimis la Canton în 1839 pentru a expulza traficanții de opiu a căror rezistență va declanșa atacul englez din 1840. Aceeași preocupare se regăsește la Tseng Kuo-fan, care conduce reprimarea de către trupele imperialiste a marii rebeliuni a taipingilor (1851—1864) cu ajutorul contingentelor franceze și engleze; de exemplu, i se părea cu totul insuficient să se cumpere din Occident materialul de război cel mai modern și considera că ar trebui chiar să se întreprindă fabricarea lui în China.

„Acum, traducerile sînt fundamentul fabricațiilor moderne, declara el într-un memoriu adresat în 1868 împăratului. Matematica este folosită de străini ca mama științei fabricațiilor... Cu toate că știm cum să fabricăm lucrurile, noi sîntem incapabili să înțelegem principiile fabricării lor, din cauza dificultăților noastre de limbă" (citat de G. Chen, *Tseng Huo-fan*, p. 63).

Acelaşi interes pentru ştiinţă îl animă şi pe viceregele Tchang Tche-tong, care publică, în 1898, renumitul său *K'iuen hiue pien* (Imboldul de a studia), al cărui program acordă mult loc cunoştinţelor moderne.

Preocupările politice ale acestor oameni de stat se întîlnesc cu cele propriu-zis ştiinţifice ale unui oarecare număr de oameni culţi originari mai cu seamă din regiunea Yangtze-ului de Jos, martori ai transformărilor economice ale acestui ţinut.

La Wusih [Usi] de exemplu, activ centru industrial şi comercial, un grup de oameni culţi întreprinde, spre anii 1850, studiul fizicii moderne, ajutîndu-se de manualele publicate la Şanhai de misionarii anglo-saxoni; ei aduc pe socoteala lor aparatele necesare pentru experienţele descrise în aceste cărţi. Din acest grup face parte şi inginerul Tsai Kuo-hiang care a construit, în 1863, la Anking [Anţin], cu mijloace proprii şi fără să fie ajutat de specialişti occidentali, primul vapor chinez, de 25 de tone. La fel a fost şi cu matematicienii Hua Hong-fang şi Li Chan-lan; acesta din urmă intră în contact cu matematicianul misionar Alexander Wylie, şi din colaborarea lor va rezulta traducerea ultimelor cărţi ale *Elementelor* lui Euclid, la fel după cum traducerea cărţilor de la I la VI, cu două secole şi jumătate mai înainte, s-a datorat activităţii desfăşurate în comun de Matteo Ricci şi Paul Siu Kuang-k'i. Acelaşi Li Chan-lan este totodată autorul unor importante lucrări personale asupra funcţiilor trigonometrice, logaritmilor, elipsei, sumelor seriilor de puteri; Wylie aprecia că tratatul său asupra logaritmilor, apărut în 1846, ar fi suficient pentru a-i asigura autorului lui notorietate în epoca lui Napier din Europa. Inginerul Ting Kong-tch'en este o altă figură de cărturar atras spre ştiinţele moderne; el vizitase Singapore şi s-a orientat spre matematică şi arta construcţiilor; el publică spre anii 1850 nişte *Schiţe despre artilerie* (Yen-pao t'u chuo) şi este autorul unui proiect original de locomotivă cu abur.

Propagarea ştiinţei moderne în China începînd de la războaiele opiului este datorată colaborării acestor două grupe: oamenii de stat dornici să întărească imperiul şi cărturarii cu interes pentru ştiinţe. La rîndul lor, misionarii — mai cu seamă începînd cu anii 1860—1870 — vor colabora foarte strîns, atît cu unii cît şi cu ceilalţi. La fel ca şi studenţii chinezi înapoiaţi din străinătate, care sînt încă foarte puţini la această dată (prima misiune de studenţi trimişi în Statele Unite datează din 1854), dar care vor reprezenta mai multe mii către finele secolului.

In 1865, Tseng Kuo-fan a întemeiat lîngă Şanhai arsenalul Kiangnan-ului. I s-a adăugat în 1867 un birou de studii ştiinţifice şi de traduceri, a cărui activitate a fost impulsionată de cărturari ai regiunii ca Li Chan-lan şi alţi reprezentanţi ai „grupului din Wusih", precum şi de anglo-saxoni ca A. Wylie, D.J. Macgowan, J. Fryer. Se începe prin elaborarea unei nomenclaturi ştiinţifice moderne în limba chineză (cea pe care au pus-o la punct iezuiţii în secolul al XVIII-lea nu mai corespundea dezvoltării actuale a ştiinţei occidentale). Primele lucrări apar în 1873, şi 98 de lucrări ştiinţifice occidentale, formînd 235 de volume, sînt traduse şi publicate în şase ani; se vînd din ele 83 454 de exemplare, la care mai trebuie adăugat 4774 exemplare din 27 de hărţi geografice moderne editate de acelaşi birou; este un rezultat remarcabil, dacă se

ține seama mai ales de absența oricărei rețele organizate de publicitate și de distribuție. Dintre aceste 235 de volume publicate, primul loc îl ocupă matematica cu 52 de volume, apoi astronomia cu 27 de volume, geologia cu 20 de volume, chimia cu 19 volume.

Un al doilea centru important de traduceri a fost creat, în același timp, la Pekin; o localizare aparent surprinzătoare, departe de activitatea porturilor deschise, dar care se explică prin dorința ministrului afacerilor externe de a forma interpreți calificați în limbi occidentale. Un colegiu, T'ong wen kuan (Birou de contacte culturale), este creat în acest scop, în 1862. Inițial nu se studiau aici decît limbile occidentale; dar în 1867 influența reformatorilor este destul de puternică pentru ca — în ciuda proximității Curții unde dominau elementele ultraconservatoare — studiul științelor europene să li se adauge. Un laborator de chimie (1876), un observator (1888) sînt instalate aici; în 1873 se organizează o tipografie, pentru editarea manualelor chinezești cu ajutorul unor profesori occidentali recrutați de colegiu: francezul Billequin pentru chimie, americanul W.A.P.Martin pentru matematică și fizică, englezul John Dudgeon pentru medicină. Au venit să predea aici și savanți chinezi versați în științele moderne, de pildă marele matematician Li Chan-lan. Programul complet al studiilor cuprindea astronomia, matematica, chimia, anatomia, fiziologia, fizica, geografia, geologia, mineralogia, construcțiile etc. Dar redactarea chineză a acestui program nu prevedea decît rubricile „astronomie" și „matematică"; este foarte probabil că promotorii acestei instituții căutau să disimuleze amploarea ei, de teamă să nu provoace ostilitatea clanului conservator la Curte.

Într-adevăr, în 1867, chiar anul introducerii științelor în programul colegiului, Wo-jen, mare secretar și președinte al Academiei Han-lin, deci de două ori unul dintre primele personaje ale imperiului, își expunea totala ostilitate față de dezvoltarea științei moderne:

„Din punctul de vedere al sclavului dumneavoastră, astronomia și matematica sînt de un interes foarte limitat. Dacă aceste subiecte sînt predate în mod regulat de către occidentali, răul va fi mare... sclavul dumneavoastră a învățat că fundamentele solide ale unei națiuni se bazează pe proprietate și pe dreptate, nu pe putere și pe intrigi. Efortul fundamental depinde de spiritul poporului, nu de tehnici... Din antichitate și pînă la timpurile moderne, sclavul dumneavoastră nu a auzit niciodată vorbindu-se despre cineva care să fi utilizat matematica pentru a ridica o națiune în decădere sau pentru a o întări într-o perioadă de slăbiciune..." (citat de J.K. Fairbank, *China's respons to the West*, p. 76).

De fapt, marea majoritate a elementelor conducătoare din imperiu rămînea puternic legată de confucianism, care era pentru spiritul lor de nedespărțit de întregul regim politic și social din trecut. Chiar atunci cînd nu ajungeau pînă la un refuz total, ca Wo-jen, chiar cînd încurajau pînă la un anumit punct studiile științifice moderne — cum au făcut-o viceregii Tseng Kuo-fan și Tchang Tche-tong —, era vorba pentru ei despre un paliativ avantajos pentru imperiu, și nicidecum de o reorientare de ansamblu a vieții intelectuale chinezești; ei nu se gîndeau să extindă aceste studii științifice moderne dincolo

de un cerc restrîns de specialiști și de tehnicieni, de care statul avea în mod direct nevoie. Această poziție contradictorie este foarte bine rezumată în celebra formulă a lui Tchang Tche-tong: „Cunoașterea occidentală poate avea o utilitate practică, dar cunoașterea chineză tradițională continuă să formeze baza societății" *(Si-hiue wei yong, tchong-hiue wei pen)*.

Dar acest regim vechi are niște adversari hotărîți care sînt, dimpotrivă, partizanii unei difuzări nelimitate a științei moderne; acest punct al programului lor înseamnă pentru ei, în același timp, sfîrșitul monarhiei absolute, îndepărtarea dinastiei manciuriene, modernizarea economiei chineze, sfîrșitul sistemului vechilor examene bazate doar pe cunoașterea clasicilor confucianismului. Începînd de la mijlocul secolului, aceste idei de modernizare circulă în statul disident al taipingilor care, timp de cincisprezece ani, îi sfidează pe manciurieni în valea Yangtze-ului. Primul ministru al taipingilor Hang Jen-kan, care este un fost catehist protestant din Canton și din Hongkong, îi propune în 1859 vărului său Hong Sieu-ts'iuan, „Împăratul divin", un plan de renovare a Chinei; el arată că caligrafia, unghiile lungi, bijuteriile prezintă mai puțin interes decît trenurile, termometrele și barometrele; el propune să se acopere teritoriul Chinei cu o rețea de căi ferate, o rețea de spitale, bănci, uzine acționate de mașini moderne.

Spre sfîrșitul secolului, modernizarea științifică continuă să formeze un element esențial al radicalismului politic. Tînărul filozof Tan Sseu-tong, prieten al reformatorului K'ang Yeu-wei, se pronunță pentru o „occidentalizare completă " *(ts'iuen-p'an si-houa)* a Chinei. În timpul celor „O sută de zile" cît K'ang Yeu-wei și prietenii lui sînt la putere, în vara anului 1898, unul dintre principalele decrete de reformă pe care îl supun ei împăratului se referă la generalizarea învățămîntului științific modern. Dar partidul conservator îi silește curînd pe reformatori să fugă în Japonia. Tan Sseu-tong este prins și decapitat din ordinul Curții.

Obiectivul progresului științific de asemenea deține un loc important în ideile lui Sun Yat-sen și ale primelor cercuri de intelectuali republicani care apar la începutul secolului al XX-lea. Faptul că Sun Yat-sen s-a interesat mai întîi de medicina modernă a contribuit, fără îndoială, la nașterea ostilității lui totale față de vechiul regim și respectul său pentru știința modernă se reflectă neîncetat în scrierile sale politice.

ÎNFLORIREA ȘTIINȚIFICĂ A JAPONIEI ÎNCEPÎND DIN PERIOADA MEIJI. La 8 iulie 1853, escadra americană a comandorului Perry arunca ancora în fața portului Yedo: în felul acesta încep o serie de presiuni militare și diplomatice care vor constrînge Japonia să se „deschidă", la rîndul său, pentru occidentali. Dar această înfrîngere provoacă o trezire a elementelor diriguitoare; ele hotărăsc să modernizeze radical țara, să lichideze vechiul regim al *shogun*-ilor și să restaureze, ca simbol al Japoniei noi, autoritatea mikadoului; „Revoluția din 1868" aduce astfel la putere pe tînărul împărat Mutsuhito, a cărui perioadă de domnie primește numele semnificativ de *Meiji* (politică luminată).

Reformatorii de origine aristocratică, samuraii sau negustorii vor înlocui în scurt timp organizarea politică și economică feudală a țării: ei comercializează producția de orez, dezvoltă mașinismul industrial, unifică moneda, precum și greutățile și măsurile, înlocuiesc impozitul în natură prin impozit în bani, centralizează și modernizează administrația, armata și marina. Dar pentru operarea unor transformări atît de profunde, nu pot fi suficienți cîțiva ingineri, tehnicieni și consilieri străini aduși din Occident; a devenit necesară formarea, din rîndul japonezilor înșiși, a unui mare număr de cadre capabile. Guvernul Meiji se găsește astfel în fața cerinței de a da un puternic impuls învățămîntului științific modern, ca și cercetărilor științifice.

Studierea științelor devine obligatorie în învățămîntul mediu și în cel superior. Începînd din 1868, sînt înființate, la Tokyo, Igakusho (școală de medicină) și Kaiseiho (școală de cunoștințe străine) care se vor contopi, în 1877, în Universitatea din Tokyo. Alte universități moderne au fost create, în 1899, la Kyoto, în 1903, la Fukuoka, iar apoi în alte orașe. La început, învățămîntul în cadrul acestor universități este asigurat prin profesori străini și prin discipolii rangakusha din epoca precedentă („experți în știința olandeză"), cărora li se vor adăuga în scurt timp oameni de știință japonezi formați în străinătate sau chiar în aceste universități.

În domeniul medicinii, de exemplu, medici englezi, americani, germani mai cu seamă (cînd japonezii descoperă că majoritatea lucrărilor medicale olandeze pe care le-au cunoscut ei pînă atunci erau traduse din germană), vin în anii 1870—1880 în Japonia și încep să formeze medici japonezi. Primul periodic medical modern este înființat în 1873; un institut pentru prepararea vaccinului antivariolic este creat în 1874; iar în 1890 se ține primul Congres japonez de medicină modernă. Dispoziții legislative contribuie la acest progres: legea asupra exercitării profesiunii medicale (1875), legea asupra vînzării medicamentelor (1877), legea referitoare la lupta împotriva epidemiilor (1880).

Celelalte ramuri ale științei moderne, considerate înainte de Meiji cu suspiciune, dacă nu cu ostilitate, de către diriguitorii vechii Japonii, se dezvoltă și ele fără piedici. Este cazul matematicii, ilustrat, de exemplu, de lucrările lui D. Kikuchi, fost elev la Cambridge, care a fost primul titular al catedrei de matematică modernă la Universitatea din Tokyo; se poate vedea aici continuitatea unei vechi tradiții, întrucît matematica *tenzan* era înfloritoare sub Tokugawa; se poate vedea totodată aici expansiunea realității economice, în măsura în care dezvoltarea științelor matematice nu era tributată unui echipament modern încă rar și costisitor.

Geologia și seismologia formează obiectul unei atenții deosebite, prima ca urmare a cerințelor crescînde ale industriei moderne, a doua din motive evidente de securitate publică. Germanul E. Naumann preia conducerea unui birou de prospecțiuni miniere, creat de stat în 1878; seismologii anglo-saxoni John Milne și J. A. Ewing formează elevi japonezi, dintre care cel mai remarcabil este succesorul lor, F. Omori, care studiază, în 1892, cutremurul de pămînt din provinciile Mino și Owari; Dieta imperială constituie cu această ocazie o comisie științifică de anchetă, care îi conferă seismologiei moderne deplina consacrare oficială.

În domeniul antropologiei, pentru a lua în considerare și acest exemplu, rolul esențial este jucat de E.S. Morse, care propagă pentru prima dată în Japonia teoria evoluției și care studiază, împreună cu elevii săi. S. Tsuboi și H. Kato, indigenii aino din nordul Japoniei.

În moduri diferite, știința modernă pătrunde în viața publică japoneză începînd de la finele secolului al XIX-lea. Hărțile generale ale țării au început să fie elaborate, în special o hartă de recunoaștere la scara 1/400 000 și o hartă detaliată la scara 1/200 000. Calendarul solar gregorian este adoptat oficial începînd din 1872, și, aproximativ în aceeași epocă, sistemul metric internațional. O rețea de stațiuni meteorologice este creată în toată țara.

■

La sfîrșitul secolului al XIX-lea, procesul de integrare a țărilor din Extremul Orient în cîmpul de activitate al științei moderne este deci mult avansat.

BIBLIOGRAFIE

K. BIGGERSTAFF, *T'ung Wen Kuan*, în „Chinese social and political science Review", oct. 1934.

G. CHEN, *Lin Tse-hsu*, Pekin, 1934.

IDEM, *Tseng Kuo-fan*, Pekin, 1935.

J. FRYER, *Dare de seamă a departamentului arsenalului Kiangnan pentru traducerea cărților străine*, în „North China Herald", 24 ian. 1880.

W. LOCKHARDT, *The medical Missionary in China*, Londra, 1861.

E.R. HUGHES, *The Invasion of China by the Western World*, Londra, 1937.

C. OKUMA, *Fifty Years of modern Japan*, Londra, 1910.

TENG SSU-YU și J.K. FAIRBANK, *China's Response to the West, a Documentary Survey, 1839—1923*, Harvard University Press, 1954.

K.C. WONG și T.L. WU, *History of the Chinese Medicine*, Tientsin, 1932.

NAZO NITOBE, *Western Influences in Modern Japan*, Chicago, 1931 (vezi în acest volum articolul lui A. KUWAKI, *Dezvoltarea cercetării științifice în Japonia*).

Al treilea Congres științific Pan-pacific (Tokyo, 1926), *Scientific Japan, Past and Present*.

E. YAGI, *Cum Japonia a introdus fizica occidentală în anii timpurii ai perioadei Meiji (1868—1888)*, în „Scient. Papers of the Col. of gen. Educ., Univ. of Tokyo", 9 ian. 1959.

S. YAJIMA, *Științele fizice în Japonia în timpul erei Meiji (1868—1912)*, în „Arch. int. Hist.Sci.", 9, 1956.

CHITOSHI YANAGA, *Japan since Perry*, New York, 1949.

Index de nume*

ABBE, Ernest (1840—1905) 121, 177, 180, 271, 414
Abbeville 565—567
ABEL, Niels Henrik (1802—1829) 20, 22, 23, 31, 50, 62—65, 67—69, 72, 639
ABÈLES, Florin 413
ABELOUS, Jaques-Émile (1864—1940) 603
ABERCROMBIE John (1781—1844) 585
Aberdeen 453
Abo 148
ABRAHAM, Max (1875—1922) 196
ABŪ-L-WAFĀ' (940—998) 38
Academia de Medicină din Paris
— de Ştiinţe din Berlin 137, 144, 158, 159, 250
— de Ştiinţe din Paris 22, 34, 59, 77, 84, 187, 211, 214, 256, 307—308
— din St.-Petersburg 579, 643—645
— din Stockholm 639
— poloneză de Ştiinţe 641
ACHARD, Charles (1860—1941) 593, 596, 604
ACHARD, Franz (1753—1821) 274
ACHARIUS, Erich (1757—1819) 448, 640
ADAMS, John (1735—1826) 650
ADAMS, John Couch (1819—1892) 159—160, 162
ADAMS, Robert (1791—1875) 597, 601
ADDISON, Christopher (1869—1951), 598, 603
ADET, Pierre-Auguste (1763—1834) 315
ADNĀN, Abdulhak (n. 1882) 660, 654
AEPINUS, Franz (1724—1802) 644

* Numele de persoane sînt scrise cu CAPITALUŢE, denumirile geografice şi de instituţii, cu litere de rînd. În clasificarea alfabetică, vocalele *ä* şi *o* din limbile germanice sînt considerate ca echivalente cu *æ* şi *œ*. În cazul cînd datele de naştere şi de deces ale unei persoane nu au putut fi precizate, este indicată data medie a activităţii sale, precedată de abrevierea fl. (floruit).

Africa 14, 408, 451, 657, 659, 664—665
— de nord 451, 659
— de Sud 396
— tropicală 396, 449, 451
AGARDH, Carl Adolf (1785—1858) 442, 448, 640
AGASSIZ, Alexandre (1835—1910) 416, 435
AGASSIZ, Louis (1807—1873) 393, 416, 420
AGRICOLA [Georg BAUER] (1498—1555) 378
AGULHON, Henri (fl. 1910) 474
AIRY, Sir George Biddell (1801—1892) 135, 143, 148, 159, 398
Albany 653
ALBERT I de Monaco (1848—1922) 434, 435
ALBERT de Saxa-Coburg (1819—1861) 637
ALBERTI, Friedrich von (1795—1878) 338
AL-BĪRŪNĪ (973—1048) 660
AL-BISTĀMĪ (1370—1454) 663
ALEMBERT, Jean Le Rond D' (1717—1783) 12, 21, 49, 63, 108, 117, 576
Alep 654
Alès 321;
ALESSANDRI, Alessandro degli (1461—1523) 388
ALEXANDER, Stephen (1806—1883) 152
ALEXIOS I COMNEN (1048—1118) 659
Alger 660
Algeria 396, 451, 582
AL-GHASSĀNI (fl. 1586) 663
AL-HASĀN BEN MOHAMED AL-WAZZĀN [Leon AFRICANUL] (1490?—1550) 657, 665
ALIBERT, Jean (1768—1837) 575, 577, 584, 603
ALI IBN MUHAMMAD AL-QŪSHKI (+1474) 662
ALLARD, Georges 98, 118, 173, 175, 234, 259, 273, 317, 342
ALLEN, Joel A. (1838—1921) 424
ALLMAN, George J. (1812—1898) 421

ALLUARD, Émile (1815—1908) 278;
AL-MAGHREBI — V. Ibn Hamza
ALMERA, Jaume (1845—1919) 528
Alpii 374, 389—391, 395, 402
AL-QAWSUNI (+1634) 664
AL-SUYŪTĪ (1445—1505) 663
Altamira 573
ALTMANN, Richard (1852—1900) 419
ALTUM, Bernard (1824—1900) 424
AL-WĀZIR AL-GHASSĀNI (sec. XVI-XVII) 663
AMAGAT, Émile (1841—1915) 269, 273, 277, 279, 292, 376
Amazon 450
AMEGHINO, Carlos (1865—1936) 399, 531
AMEGHINO, Florentino (1853—1911) 399, 425, 531
America: 14, 25, 60, 241, 257, 258, 375, 382—384, 387, 388, 389, 400, 428—429, 522, 581, 582, 590, 596, 648, 650, 652
— Centrală 460, 423
— de Nord 386, 397, 400, 423, 424, 431, 450, 521—522, 572
— de Sud 379, 389, 398, 450, 522, 531, 553, 628
American Academy of Arts and Sciences 648
American Association for the Advancement of Science 653—654
American Geological Society 653
American Mathematical Society 655
American Philosophical Society 648
AMICI, Giovanni Battista (1784—1863) 180, 362, 409, 472, 544—545
AMONTONS, Guillaume (1663—1705) 270
AMPÈRE, Adrien-Marie (1775—1836) 11, 54, 60, 70, 115, 122, 169, 192, 193, 195, 211, 216—225, 226, 233—239, 241, 250, 275, 307—308, 319
Amsterdam 205, 639
AMUSSAT, Jean (1796—1856) 581
ANDERSON, John (1833—1900) 423
ANDRADE, Jules (1857—1933) 126
ANDRAL, Gabriel (1797—1876) 579, 580, 581, 585
ANDREWS, Thomas (1813—1885) 270, 273, 275, 279
ANGELIN, Nils Peter (1805—1876) 383
Anglia 12, 13, 19, 23—27, 33, 41, 47, 49, 52, 60, 62, 87, 88, 134, 180, 216, 310, 346, 375, 377, 383, 384, 395, 397, 415, 416, 424, 428, 434, 437, 471, 488, 524, 527, 553, 565, 570, 581—591, 597, 606, 648, 653
Angola 449
ANGSTRÖM, Anders Jonas (1814—1874) 175, 176, 274, 640
Anking 677
Annam 434, 670
Antarctica 433, 435, 645
Antichitatea, anticii 37, 86, 105, 152, 376, 416
Anzii 398
APATHY, Ştefan (1863—1922) 412
Apenini 451
APPOLD, John George (1800—1865) 271
Arabii 657—660
ARAGO, Francois (1786—1853) 121, 139, 172, 178, 185, 187—191, 198, 205, 216, 223, 226—229, 267, 269, 361—363, 389
ARAN, Francois (1817—1861) 581, 599
ARBOGAST, Louis (1759—1803) 31
ARCHIAC, Adolphe D' (1802—1869) 383, 395
ARCHIMEDE (287—212 î.e.n.) 44, 77
Arctica 645
Arcueil 634
Ardeni 395
ARFVEDSON, Johann A. (1792—1841) 369
ARGAND, Jean-Robert (1768—1822) 65, 66
ARGELANDER, Friedrich (1799—1875) 144, 148, 153, 154, 166
Argentina 144, 398, 399, 532
ARISTOTEL (384—322 î.e.n.) 131, 463—464, 495, 497, 506
ARMANNI, Luciano (1839—1903) 601
ARNDT, Peter Friedrich (1811—1866) 82
ARNEDO, Antonio DE (1660—1720) 670
ARONHOLD, Siegfried (1819—1884) 26
ARRHENIUS, Svante (1859—1927) 215, 260, 261, 342, 469—470, 640
ARSONVAL, Arsène D' (1851—1940) 485
ASCHERSON, Ferdinand Moritz (1798—?) 447
ASCOLI, Giulio (1843—1896) 58;
Asia 14, 423, 450, 628, 643, 645, 668—669
ASKENASY, Eugen (1845—1903) 471
Asociaţia Internaţională a Academiilor 632—634
ASTRUC, Jean (1684—1766) 490
ASTRUC, Pierre 429
Atlantic 424
ATWATER, Wilburn (1844—1907) 493
AUBERT, Francis (+1915) 396
AUBUISSON DE VOISINS, Jean-Francois D' (1769—1841) 401
AUDOUARD, Mathieu (1776—1856) 593
AUDOUIN, Jean-Victor (1797—1841) 420, 433, 459
AUDUBON, John James (1785—1851) 423
AUENBRUGGER, Leopold (1722—1809) 577
AUGUST, Ernst F. (1795—1870) 270, 278;
Aurignac 567
Australia 396, 434, 443, 450—451

Austria 60, 270, 378, 392, 424, 451, 577, 582, 596, 640
Austro-Ungaria 395, 640
Auvergne 520
AUWERS, Georg F.A. (1838—1915) 143, 160
AVENARIUS, Michaïl P. (1835—1895) 279
AVICENNA [IBN SĪNĀ] (980—1037) 664
AVOGADRO, Amodeo (1776—1856) 120, 306, 307, 314, 318—320
Azerbaidjan 662

BABBAGE, Charles (1792—1871) 31, 62, 637
BABINET, Jacques (1794—1872) 181, 356
BABINSKI, Joseph (1857—1932) 600
BACHE, Alexander Dallas (1806—1867) 653, 654
BACHELIER, Louis (1870—?) 101
BACHELOT, DE LA PYLAIE, A.J.M. (1786—1856) 450
BAER, Karl Ernst von (1792—1876) 490, 507, 509, 538—540, 646
BAEYER, Adolf von (1835—1917) 339, 478
Bagdad 659
BAILEY, Solon Irving (1854—1931) 154
BAILLON, Henri (1827—1895) 446
BAILLY (fl. 1844) 584
BAIRD, Spencer F. (1823—1888) 423
BAIRE, René (1874—1932) 80
BALBIANI, Édouard (1825—1899) 430
BALFOUR, Francis M. (1851—1882) 539
BALLANTYNE, John W. (1861—1923) 607
BALLET, Gilbert (1853—1916) 602
BALMER, Johann Jacob (1825—1898) 176
BALTHAZARD, Victor (1872—1950) 596
Baltimore 591
BALTZER, Heinrich R. (1818—1887) 55
BALZAC, Honoré DE (1799—1850) 514
BANCROFT, Thomas L. (1860—1933) 593
BANKS, Sir Joseph (1743—1820) 214
Barcelona 378, 641
BARD, Louis (1857—1930) 598—599, 602—603
BARLOW, Joel (1754—1812) 649
BARLOW, Peter (1776—1862) 226, 227
BARLOW, William (1845—1934) 359
BARLOW, Sir Thomas (1845—1945) 604
BARNES, Charles R. (1858—1910) 477
BARNES, Robert (1849—1908) 590
BARRANDE, Joachim (1799—1883) 383, 421, 422
BARRAT, Maurice (1868—1896) 396
BARRÉ DE SAINT-VENANT. — V. Saint Venant
BARTH, Jean-Baptiste (1806—1877) 579, 598
BARTHELEMY, Toussaint (1850—1906) 596
BARTHEZ, Antoine (1811—1891) 584, 587, 597, 605
BARTHOLIN [BERTELSEN], Erasmus (1625—1698) 181, 361
BARTOLI, Adolfo (1851—1896) 249, 299
BARY, Anto DE (1831—1888) 430, 439, 441, 447, 449
BASEDOW, Carl Adolph von (1799—1854) 602
Basel 378, 416, 526, 639
BASSI, Agostino (1773—1856) 458, 459
Bazinul Parizian 385, 395
BASOV, Vasili A. (1812—1879) 494
BASTEROT, Jacques (1771?—1849) 383
BASTIAN, Henri Ch. (1837—1915) 458
BATES, Henry (1825—1892) 432
BATESON, William (1861—1926) 421, 560, 562
BATTAGLINI, Giuiseppe (1826—1894) 41, 51
BATTANDIER, Aimé (1848—1922) 451
BAUDELOCQUE, Jean-Louis (1746-1810) 585
BAUER, Edmond 74, 118, 342;
BAUMÈS, Prosper (1792—1871) 582, 584
BAUMGARTEN, Paul (1848—1928) 599
BAUMHAUER, Heinrich (1848—1926) 361, 366;
BAUR, Albert (fl. 1860) 430
Bavaria 180, 524
BAYES, Thomas (+1761) 97
BAYLE, Gaspard (1774—1816) 577, 585
BAYLE, Laurent (1799—1858) 583
BAYLISS, Sir William M. (1860—1924) 490
BAZIN, Antoine (1807—1878) 595, 603
BEAU, Joseph (1806—1865) 584
BEAUMONT, William (1785—1853) 491, 493
BEAUPERTHUY, Louis-Daniel (1807—1871) 593
BECKE, Friederich (1855—1931) 366
BÉCLARD, Auguste (1817—1887) 431, 486, 493
BÉCLARD, Pierre-Auguste (1785—1825) 585
BÉCLÈRE, Antoine (1856—1939) 596
BECQUEREL, Alexandre-Edmond (1820—1891) 179, 271, 365
BECQUEREL, Antoine-César (1788—1878) 223, 232
BESCQUEREL, Louis-Alfred (1814—1862) 585
BEDDARD, Frank Evers (1858—1925) 435
BEDFIELD (1789—1857) 522
BEER, Wilhelm (1797—1850) 162
BÉHIER, Louis-Jules (1813—1876) 592
BEHRENS, Heinrich (1842—1905) 368
BEHRING, Emil von (1854—1917) 606

BEHTEREV, Serghei Mihailovici (1857—1927) 601
BEIBAR I, sultan (1223—1277) 660
BEIJERINCK, Martinus W. (1851—1931) 430, 476, 593
Belgia 19, 89, 324, 334,383, 395, 428,435, 453, 488, 639
Belgrad 641
BELL, Sir Charles (1774—1842) 482, 487, 490, 494, 583, 586
BELL, Francis Jeffrey (1855—?) 435
BELL, Graham (1847—1922) 208
BELLAMY, Felix (fl. 1869) 468
BELLARDI, Luigi (1818—1889) 384
BELLAVITIS, Giusto (1803—1880) 24, 28, 51, 66
BELON, Pierre (1517—1564) 499, 506
BELT, Thomas (1832—1878) 430, 432
BELTRAMI, Eugenio ((1835—1900) 30, 41, 43, 56
BEMENT, Clarence S. (1843—1923) 379;
BENDIXSON, Ivar Otto (1861—1935) 71
BENEDETTI, Giambattista (1530—1590) 38
BENEDICT, Francis Gano (1870—?) 493
BENEKE, Friedrich W. (1824—1882) 414
BÉNIN (fl. 1804—1807) 451
BENNET, Abraham (1750—1799) 213
BENNETT, John H. (1812—1875) 598
BENSAUDE, Raoul (1866—1938) 593, 596
BENTHAM, George (1800—1884) 445, 451
BÉRARD, Jacques-Étienne (1789—1869) 173, 174, 274, 468
BERENTZ (fl. 1830) 579
BERGER, Hans (1873—1941) 608
BERGERON, Étienne (1817—1900) 603
BERGERON, Jules (1853—1919) 395
BERGHAUS, Hermann (1828—1890) 396, 399
BERGMAN, Torbern (1735—1784) 315, 370
BERGMANN, Carl (1814—1865) 538
BERKELEY, Miles J. (1793—1889) 447
Berlin 19, 38, 40, 73, 75, 78, 137, 144, 157—159, 250, 377, 396, 401, 409, 416, 446, 486, 487, 579, 588, 635, 636
BERNARD, Claude (1813—1878) 14, 412, 459, 467, 468, 480, 482—485, 489—491, 493—494, 587, 588, 589, 600, 602, 635
BERNARD, Félix-Édouard (1865?—1898) 401
BERNARD, Léon (1870—1934) 603
BERNARD, Noël (1874—1911) 541
BERNARD-MAITRE, Henri 670
Berna 163, 378, 468, 639
BERNHARDI, Johann Jacob (1774—1850) 357, 439, 448—449
BERNOULLI, Daniel (1700—1782) 113, 302, 644
BERNOULLI, Jacques (1654—1705) 84, 89—92, 95
BERNOULLI, Jean (1667—1748) 115
BERNOULLI, familia 12
BERNUTZ, Gustave (1819—1887) 590
BERT, Paul (1835—1886) 431, 485, 490, 597
BERTHELOT, Marcelin (1827—1907) 12, 269, 273, 288, 326, 339—341, 344, 468, 476, 587, 631
BERTHELOT, René (1872—1960) 521
BERTHIER, Pierre (1782—1861) 372
BERTHOLD, Arnold A. (1803—1861) 493, 533
BERTHOLLET, Claude-Louis (1748—1822) 272, 308, 309, 312, 340, 368, 370, 464, 634
BERTIN, René (1767—1827) 579
BERTINI, Eugenio (1846—1933) 51, 52
BERTRAND, Charles-Eugène (1851—1917) 441, 449
BERTRAND, E.I. Louis (1851—1919) 602
BERTRAND, Gabriel (n. 1867) 468, 474
BERTRAND, Joseph (1822—1900) 63, 85, 89, 94
BERTRAND, Léon (1869—1947) 395
BERTRAND, Marcel (1847—1907) 390—392, 402
BERZELIUS, Jöns Jacob (1779—1848) 215, 312—320, 324, 328, 335, 341, 343, 367, 368, 371, 375, 456, 586, 636, 639
BESSEL, Friedrich Wilhelm (1784—1846) 143, 146, 147,—148, 160, 165, 270
BETTI, Enrico (1823—1892) 23, 58, 75
BEUDANT, François (1787—1850) 315, 366, 431
BEYRICH, Heinrich-Ernst (1815—1896) 375, 395
BEZOLD, Friedrich (1842—1908) 431, 603
BIANCHI, Luigi (1856—1928) 56—57
BIBRON, Gabriel (1806—1848) 423
BICHAT, M.F. Xavier (1771—1802) 407, 480, 481, 484, 575—576, 585
BIDDER, Friedrich H. (1810—1894) 586
BIENAYMÉ, Irénée-Jules (1796—1878) 93
BIER, August (1861—1949) 592
BIERMER, Anton (1827—1892) 598
BIGOT, Alexandre (1863—1953) 395
BILHARZ, Theodor (1825—1862) 593
BILLARD, Charles-M. (1800—1832) 584
BILLEQUIN, Anatole (1837—1894) 678
BILLET, Albert (fl. 1883) 535
BILLROTH, Theodor (1829—1894) 592
BINET, Jacques P.M. (1786—1856) 25
BIOT, Jean-Baptiste (1774—1862) 45, 181, 206, 214, 216—217, 220, 274, 277, 296, 340, 361, 362, 375

Birkbeck College 637
Birmania 668, 670
Birmingham 590
BIRNER, H. (fl. 1866) 474
Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți
BISCHOFF, Gottlieb (1797—1854) 538, 545
BIZOT, J. (fl. 1834) 583
BJERKNES, Carl Anton (1825—1903) 242, 640
BLACK, Charles W. McGowan (fl. 1902) 53
BLACK, Joseph (1728—1799) 273
BLACKMAN, Frederick F. (1866—1947) 478
BLAGDEN, Sir Charles (1748—1820) 295
BLAINVILLE, Henri DUCROTAY, DE (1777—1850) 497, 505, 523, 566
BLANCHARD, Raphaël (1857—1919) 428
BLANCO, Manuel (1778—1845) 450
BLOCH, Marc (1886—1944) 597
BLOCHMANN, Friedrich (1858—?) 430, 535
BLONDLOT, Nicolas (1808—1877) 494
BLUM, Ferdinand (fl. 1893) 414
BLUM, Reinhard J. (1802—1883) 371
BLUME, Carl Ludwig (1796—1862) 450
BLUMENBACH, J. Friedrich (1752—1840) 384
BOBILLIER, Étienne (1797—1832) 35, 45, 46
BOCOURT, Firmin (1819—1904) 423
BODE, Gustav (1870—?) 471
BODE, Johann E. (1747—1826) 157
BODENBENDER, Guillermo (1857—1941) 399
BOEHM, Joseph A. (1831—1893) 471
BÖHMER, F. (fl. 1805) 414
BÖTTCHER, Arthur (1831—1889) 414
BOETTGER, Oskar (1844—1910) 423
Boemia 378, 383, 385, 436, 641
BOHR, Christian (1855—1911) 488
BOISSERAND, R.P. (+1797) 670
BOISSIER, Edmond (1810—1885) 450
BOJANUS, Ludwig H. von (1776—1827) 505
Bolivia 398
Bolognia 378, 396, 401
BOLOTOV, Andrei T. (1738—1833) 644
BOLTZMANN, Ludwig (1844—1906) 60, 99, 100, 102, 113, 120, 204, 242, 299—300, 640
BOLYAI, Farkaș (1775—1856) 40
BALYAI, János (1802—1860) 20, 40—41, 640
BOLZANO, Bernhard (1781—1848) 20, 31, 62, 72, 75, 78, 641
BONAPARTE, Charles-Lucien (1803—1857) 423
BONAPARTE, Napoleon [NAPOLEONI] (1769—1821) 38, 214, 308, 587, 634, 637
BOND, George Philipps (1825—1865) 163
BOND, William Cranch (1789—1859) 133, 140, 179, 655
Bonn 19, 46, 144, 262, 334, 486, 579, 635—636
BONNAFONT, Jean-Pierre (1805—1891) 603
BONNET, Charles (1720—1793) 464, 536
BONNET, Ossian (1819—1892) 55, 56, 63
BONNIER, Gaston (1853—1922) 448, 452, 522
BONPLAND, Aimé (1773—1858) 398, 450
BONTEMPS, Georges (1799—1884) 180
BOOLE, George (1815—1864) 12, 26, 31—33, 97
BORDA, Jean-Charles DE (1733—1799) 115, 356
Bordeaux 329
BOREL, Émile (1871—1956) 80, 96, 98, 101
BOŘICKY, Emanuel (1840—1881) 369, 373
BORN, Ignaz von (1742—1791) 570
BORNET, Édouard (1828—1911) 546
BORREL, Amédée (1867—1936) 593
BORY DE SAINT-VINCENT, Jean-Baptiste (1778—1846) 410
BOSE, Sir Jagadis Chunder (1858—1937) 470
BOŠKOVIC, Rudzer (1711—1787) 125, 232
Boston 453, 491, 648
BOUCHARD, Charles (1837—1915) 589, 593
BOUCHARDAT, Apollinaire (1806—1886) 602, 606
BOUCHER DE CRÉVECOEUR DE PERTHES, Jacques (1788—1868) 566, 567
BOUCHUT, Eugène (1818—1891) 579, 605
BOUDIER, Émile (1828—1920) 447
BOUDIN, Jean (1806—1867) 607
BOUÉ, Ami (1794—1881) 389—390, 396, 565—566
BOUGUER, Pierre (1698—1758) 139, 154, 171—172
BOUILLAUD, Jean-Baptiste (1796—1881) 579, 583, 585
BOULE, Marcellin (1861—1942) 395, 529, 573
BOULENGER, George A. (1858—1937) 423
BOUQUET, Claude (1819—1885) 71, 73
BOUR, Edmond (1832—1866) 55, 72
BOURGEOIS, Léon Z. (1856—1938) 369, 376
BOURGERY, Jean-Baptiste (1797—1849) 585
BOURNE, Alfred G. (1859—?) 420
BOURNEVILLE, Désiré (1840—1909) 605
BOURQUELOT, Émile (1851—1921) 597
BOURSIER (fl. 1847) 535
BOUSSINESQ, Joseph (1842—1929) 123, 202, 265
ROUSSINGAULT, Jean-Baptiste (1802—1887) 344, 375, 463, 474—475, 478—479

BOUTEILLE, Étienne (1732—1816) 583
BOUTIGNY, Pierre (1838—1884) 278
BOUVARD, Alexis (1767—1843) 159
BOUVERET, Léon (1851—1929) 598, 601
BOVERI, Theodor (1862—1915) 410, 534, 536, 547
BOWDITCH, Henry P. (1840—1911) 488, 491
BOWDITCH, Nathaniel (1773—1838) 655
BOYER, Georges (1848—1892) 395
BOYLE, Robert (1627—1691) 260, 463
BOYM, Michael (1612—1659) 670
BOYSEN-JENSEN, Peter (n. 1883) 479
BRACE, DE Witt Bristol (1859—1905) 200
BRADLEY, James (1693—1762) 143—144, 148
BRAND, Ernst (1827—1897) 606
BRANDT, Alexander (1844—1902) 414, 533
BRANDLY, Édouard (1846—1940) 256, 257
BRAUN, Alexander (1805—1877) 439—441
BRAUN, Maximilian (1850—1930) 428
BRAUNS, Reinhard (1861—1937) 364
Braunschweig 77
BRAVAIS, Auguste (1811—1863) 88, 359—360, 439
BRAVAIS, Louis F. (+ 1842?) 439
Brazilia 378, 398—399, 450, 555
BRÉAL, Émile (sec. XIX-XX) 476
BREFELD, Oscar (1839—1927) 547
BREHM, Alfred (1829—1884) 424
BREHM, Christian (1787—1864) 424
BREHMER, Hermann (1826—1889) 606
BREITHAUPT, Johann (1791—1873) 371
Bremen 158
BRETONNEAU, Pierre (1778—1862) 579, 582, 586
BREWSTER, Sir David (1781—1868) 112
BRIANCHON, Charles-Julien (1783—1864) 33, 35, 38, 45
BRIERRE DE BOISMONT, Alexandre (1797—1881) 583
BRIGHT, Richard (1789—1858) 580, 585, 602
Brighton 416
BRILL, Alexander (1842—1935) 37, 52
BRILLOUIN, Marcel (1854—1948) 100
BRING, Erlund S. (1736—1798) 24
BRINTON, William (1823—1867) 601
BRIOSCHI, Francesco (1824—1897) 24, 27, 47, 55, 75
BRIOT, Charles (1817—1882) 71, 73
BRISSAUD, Édouard (1852—1909) 605
Bristol 312, 416
BRISTOWE, John (1827—1895) 595
British Association for the Advancement of Science 259, 632, 637—638
British Museum 377
BRITTON, Nathaniel (1859—1934) 453
Brno 559—560, 562
BROADBENT, Sir William H. (1835—1907) 598
BROCA, Paul (1824—1880) 486, 555, 599
BROCARD, Henri (1845—1922) 38
BROCHANT DE VILLIERS, André (1772—1840) 374, 401
BRODIE, Sir Benjamin COLLINS (1783—1862) 581
BRÖGGER, Waldemar Ch. (1851—1940) 363, 379
BRONGNIART, Adolphe (1801—1876) 384, 441—444, 449, 467, 544
BRONGNIART, Alexandre (1770—1847) 369—372, 377, 382—384, 389, 565
BRONGNIART, Charles (1859—1899) 423
BRONN, Heinrich G. (1800—1862) 422
BROOKE, Henry, J. (1771—1857) 368
BROUARDEL, Paul (1837—1906) 592, 606
BROUILIET, Amédée (1826—?) 573
BROUSSAIS, Casimir (1803—1847) 583
BROUSSAIS, François Joseph Victor (1772—1838) 579—581
BROWN, Isaac Baker (1812—1873) 590
BROWN, Robert (1773—1858) 99, 408, 443, 449—450, 545
BROWN-SEQUARD, Eduard (1817—1894) 485, 493, 599, 603
BRU, Juan Battista (fl. 1789) 528
BRUCE, Sir David (1855—1931) 429, 593
BRUCH, Carl W.L. (1820—1884) 424
BRUCK, Julius (1840—1902) 603
BRÜCKE, Ernst W. von (1819—1892) 487, 488
BRÜCKNER, Eduard (1862—1927) 572
BRÜHL, Gustav (1826—1903) 599
Bruxelles 453, 632, 639
BUCH, Leopold von (1774—1853) 372, 374, 389—390, 392, 395, 422
BUCHANAN, Francis (1762—1829) 450
BUCHERER, Alfred H. (1863—1927) 196
BUCHNER, Eduard (1860—1917) 344, 468
BUCHNER, Hans (1850—1902) 597
BUCKLAND, William E. (1784—1856) 382, 383, 400, 565
BUCQUOY, Jules (1829—1920) 601, 605
Budapesta 378, 641
BUDD, George (1808—1882) 602
BÜTSCHLI, Otto (1848—1920) 409, 410, 426, 533
Buffalo 491
BUFFON, Georges-Louis LECLERC DE (1707—1788) 377, 381, 418, 495, 512—513, 517—519, 544, 550, 576
BUISSON, Henri (1873—1944) 177
Buitenzorg 450, 453
Bulgaria 641

BUNGE, Alexander von (1803—1890) 450
BUNSEN, Robert Wilhelm (1811—1899) 137, 172, 175, 223, 270, 273, 277, 299, 324, 488
BURALI-FORTI, Cesare (1861—1931) 32
BURCHELL, William (1782—1863) 451
BURMEISTER, Carl (1807—1892) 420, 423
BURNHAM, Sherburne (1838—1921) 150
BUSSON, Étienne (fl. 1890) 601
BUTLEROV, Alexandr M. (1828—1886) 335, 605, 646
BUVIGNIER, Amand (1808—1880) 395

CABANIS, Pierre J.G. (1757—1808) 535, 575, 576, 587
CADET DE GASSICOURT, Ernest (1826—1900) 603
Caen 77
CAGNIARD DE LATOUR, Charles (1777—1859) 206, 269, 278, 456, 468
CAILLETET, Louis (1832—1913) 269, 273, 279
Cairo 607, 663—664
Calais 236
California 430
CALLENDAR, Hugh L. (1863—1930) 271
CALMEIL, Louis (1798—1895) 583
CALMETTE, Albert (1863—1933) 461
Cambodgia 668
Cambridge (M.B.) 32, 159, 240, 377, 400, 416, 637—638, 680
Cambridge (S.U.A.) 133 V. de asemenea Universitatea Harvard.
CAMERARIUS, Rudolphi Jakob (1665—1721) 544
CAMPER, Petrus (1722—1789) 513
CAMPICHE, Gustave (1809—1870) 422
Canada 379, 396—397, 512
Canare 389
CANDOLLE, Alphonse-Pyrame de (1806—1893) 101, 444, 452, 470, 639
CANDOLLE, Augustin Pyramus de (1778—1841) 443—444, 453—454, 639
CANDOLLE, Casimir de (1836—1918) 444
CANGUILHEM, Georges 212
CANNIZZARO, Stanislao (1826—1910) 323
CANNON, Annie Jump (1863—1941) 155
CANNON, Walter B. (1871—1945) 491, 596
CANTANI, Arnoldo (1837—1893) 606
Canterbury 527
CANTLIE, James (fl. 1890) 676
Canton 674—676, 679
CANTOR, Georg (1845—1918) 31, 44, 58, 59, 76—79, 86
Capetown 133, 139, 144—145, 147, 153
CAPITAN, Joseph-Louis (1854—1929) 593
CAPPELER, Moritz (1685—1769) 386
CAQUÉ, Joseph (1814—?) 71
Capul Bunei Speranţe 451
CARANGEOT, Arnould (1742—1806) 356
CARBONNELLE, Ignace J.J. (1829—1889) 99
CARCEL, Bertrand-Guillaume (1750—1812) 172
CARDANO [CARDANO, J.] GEROLAMO (1501—1576) 38
CAREZ, Léon (1854—1932) 394
CARLISLE, Anthony (1768—1840) 215
CARNOT, Lazare (1753—1823) 33, 54
CARNOT, Sadi (1796—1832) 118, 119, 281—282, 284—285
CARRINGTON, Richard Ch. (1826—1875) 163
CARROLL, James (1854—1907) 593
CARSON, James (1772—1843) 584
CARSWELL, Sir Robert (1793—1857) 583—584
CARTAILHAC, Êdouard (1845—1921) 567
CARTAN, Élie (1869—1951) 28, 102
CASORATI, Felice (1835—1890) 75, 76
CASSAËT, Éric (1863—1940) 604
CASSEGRAIN, N. (sec. XVII) 134
CASSINI, Jacques (1677—1756) 148
CASSINI, Jean-Dominique (1625—1712) 136
CASTELNUOVO, Guido (1865—1952) 50, 52
CATALAN, Eugène (1814—1894) 64
Catalogul Internaţional pentru Literatura Ştiinţifică
CATON, Richard (1842—1926) 608
CAUCHY, Augustin-Louis (1789—1857) 21, 23, 28, 30, 31, 34, 45, 47, 60—67, 70—74, 76, 79, 81, 84, 111—114, 123, 162, 182, 201—202, 245
CAULLERY, Maurice (1868—1958) 88, 421, 576, 583, 585, 592, 594, 597
CAVENDISH, Henry (1731—1810) 209, 211, 219, 223
CAVENTOU, Joseph Bienaimé (1795—1877) 345, 477, 586
CAVOLINI, Filippo (1756—1810) 434
CAYEUX, Lucien (1864—1944) 373
CAYLEY, Arthur (1821—1895) 28, 47
Cehoslovacia 411, 447
CEBÎŞEV, Pafmutie (1821—1894) 91—92, 645
CESALPINO, Andrea (1519—1603) 663
CESÀRO, Ernesto (1859—1906) 54
CHABRY, Laurent (1855—1894) 415, 540, 542
CHAMBERLAND, Charles (1851—1898) 460, 592
CHAMBERLIN, Thomas Ch. (1843—1928) 572
CHAMBERS, Robert (1802—1871) 565

CHAMISSO, Louis Adalbert von (1781—1838) 536
Champa 668
CHAMPION, Paul (1838—1884) 207
CHANCE, Lucas (1782—1865) 180
Chancelade 568
CHANCOURTOIS, Alexandre-Émile BÉGUYER DE (1820—1886) 324
CHANDLER, Seth C. (1846—1913) 146
CHANTEMESSE, André (1851—1919) 594
CHAPMAN, Frank M. (1864—1945) 424
CHAPPELLIER, Albert (fl. 1910) 562
CHAPUIS, Félicien (1824—1879) 420
CHARCOT, Jean-Martin (1825—1893) 486, 580, 589, 592, 594, 597, 599—602, 605
CHARLES, Jacques-Alexandre-César (1746—1823) 163, 272
CHARPY, Adrien (1848—1911) 596
CHARPY, Georges (1865—1945) 276
CHARRIÈRE, Joseph (1803—1876) 592
CHARRIN, Albert (1857—1907) 593, 595
CHARVE, Léon (1849—1940?) 83
CHASE, Curl T. (n. 1902) 200
CHASLES, Michel (1793—1880) 34, 35
CHASSAIGNAC, Édouard (1804—1879) 590
CHAUFFARD, Anatole (1855—1932) 602
CHAUSSIER, François (1746—1828) 587
CHAUVEAU, Auguste (1827—1917) 486, 492, 597
CHELINI, Domenico (1802—1878) 47
Chelles 571
CHEN, G. 676
CHEVALIER, Charles-Louis (1804—1859) 180, 409
CHEVREUL, Eugène (1786—1889) 325
CHEYNE, John (1777—1836) 597
CHIAJE, Stefano DELLE (1794—1860) 434
CHIARUGI, Vincenzo (1739—1820) 587
Chicago 164, 416, 591
Chili 399
China 24, 396, 627, 668—672 674—680
CHIRON, Léopold (+ 1916) 573
CHISINI, Oscar (n. 1889) 52
CHLADNI, Ernst Friedrich (1756—1827) 202—203, 207, 375
CHOMEL, Auguste-François (1788—1858) 578, 584, 601
CHOPART, François (1743—1795) 597, 602
CHRIST, Hermann (1833—1933) 452
CHRISTISON, Sir Robert (1797—1882) 580, 587
CHRISTOFFEL, Elvin (1829—1900) 26, 30, 56
CHRISTOL, Jules de (1802—1861) 565
CHRISTY, Henry (1810—1865) 523
CHUN, Karl (1852—1914) 435
CIAPLIGHIN, Serghei A. (1869—1942) 646
CIENKOWSKI, Léon (1822—1887) 430
CIEZA, DE LEON, Pedro (1518—1560) 522
Cincinnati 416
CIVIALE, Jean (1792—1867) 581
CLAIRAUT, Alexis-Claude (1713—1765) 115, 159
CLAPARÈDE, Édouard (1832—1871) 419, 430
CLAPEYRON, Émile (1799—1864) 119, 269, 284, 290
CLARK, Alvan (1832—1897) 136, 160
CLARKE, Edward M. (fl. 1836) 227
CLARKE, Frank W. (1847—1931) 379
CLAUDE, Georges (1870—1960) 298
CLAUS, Karl (1835—1899) 535
CLAUSIUS, Rudolph (1822—1888) 60, 119—120, 215, 237—238, 250, 258, 270, 274, 284, 286, 293—294, 302, 304
CLAUSSEN, P. (fl. 1840) 399
Clausthal 377
CLEBSCH, Rudolf (1833—1872) 26, 47, 49, 52, 69, 72, 75
CLÉMENT, Nicolas [CLÉMENT-DESORMES] (1778—1841) 274, 313
CLIFFORD, Williams K. (1845—1879) 25, 27, 41, 52, 56
CLOT, Antoine-B. [CLOT-BEY] (1793—1868) 665
Cluj 412
COBB, Nathan A. (1859—1932) 428
COBBOLD, Thomas S. (1828—1886) 420, 428
Cochinchina 671
CODAZZI, Delfino (1824—1873) 55
COHN, Ferdinand (1828—1898) 448, 459, 546
COLDING, Ludwig A. (1815—1888) 119
COLIN, Jean-Jacques (1784—1865) 415
COLLADON, Daniel (1802—1893) 206, 270
COLLADON, Jean-Antoine (1755—1830) 559
COLLARDEAU, Emmanuel (1860—1926?) 279
Collège de France 61, 80, 202, 411, 459, 481—483, 485, 633—634
COLLES, Abraham (1773—1843) 582
COLLIN, Victor (fl. 1824) 583
COLUMB, Cristofor (1450?—1500) 665
Columbia 398, 399, 450
Colorado 388
COMBESCURE, Édouard (1824—1889) 57
COMMON, Andrew A. (1841—1903) 141
COMTE, Auguste (1798—1857) 12, 373, 587, 635
CONDILLAC, Étienne BONNOT DE (1715—1780) 576
CONDORCET, Marie-Jean-A.N. CARITAT DE (1743—1794) 31, 90
Connecticut 397
CONOLLY, John (1794—1866) 587

CONRAD, Timothy A. (1803—1877) 422
Constanţa (Lac) 534
CONSTANT, Grégoire (1803—1837) 605
Constantinopol 662
CONYBEARE, William D. (1787—1857) 382, 383
COOKE, Alfred Hands (fl. 1895) 431
COOKE, Sir William F. (1806—1879) 236
COOPER, Sir Astley P. (1768—1841) 581, 585
COPE, Edward D. (1840—1897) 423, 425, 522, 529—530
Copenhaga 216, 378, 416, 570, 640
COPERNIC, Nicolaus (1473—1543) 129
COPPET, Louis de (1841—1911) 295
CORDA, August (1809—1849) 447
CORDIER, Louis (1777—1861) 372, 566
Cordoba (Argentina) 144; — (Spania) 660
Coreea 671
CORIOLIS, Gustave (1792—1843) 115—116, 129
CORNAGLIA, Emilio (1825—1882) 458
CORNIL, André (1837—1908) 594
CORNU, Alfred (1841—1902) 176, 183
CORNU, Max (1843—1901) 548
CORNWAL, 312
CORRENS, Carl (1864—1933) 88, 563
CORRIGAN, Sir Dominic John (1802—1880) 584
CORTI, Alfonso (1822—1888) 204, 414, 597
CORVISART, Jean-Nicolas (1755—1821) 576—578
COSSMANN, Maurice (1850—1924) 422
COSTA, Oronzio G. (1787—1867) 421
COSTA, Bartholomeu Da (sec. XVII) 670
COSTA, Francisco A. PERREIRA DA (1809—1889) 571
COSTANTIN, Julien (1857—1936) 552
COSTE, Victor (1807—1873) 434, 538
COTTON, Aimé (1869—1951) 196
COTTON, Émile (1872—1950) 70
COUES, Elliott (1842—1899) 424
COULOMB, Charles (1736—1806) 121—123, 192, 193, 209—211, 220, 231, 236, 260, 264
COUPÉ, Jacques-Michel (1732?—1818?) 382
COUPER, Archibald S. (1831—1891) 333—334
COURNOT, Augustin (1801—1877) 90, 93, 96, 193, 559
COURTOIS, Bernard (1777—1838) 313, 369, 586
COURVOISIER, Ludwig (1843—1918) 602
COUTIÈRE, Henri (1869—1952) 430
Cracovia 640
CRAWFURD, John (1783—1868) 671
CREADY, Max? (sec. XIX) 587
CREDÉ, Carl (1819—1892) 605
CREDNER, Heinrich (1809—1876) 375
CREDNER, Hermann (1841—1913) 401
CRELLE, Léopold (1780—1855) 19, 38, 40, 67
CRÉMIEU, Victor (fl. 1900) 249
CREMONA, Luigi (1830—1903) 35, 36, 47, 51, 52, 55, 75
CREVAUX, Jules (1847—1882) 399
CROFT-HILL, Arthur (fl. 1898) 468
CROLL, James (1821—1890) 388
Cro-Magnon 568—569
CRONSTEDT, Axel Frederik (1722—1765) 370
CROOKES, Sir William (1832—1919) 175, 262—263
CROS, Charles (1842—1888) 178
CROVA, André (1833—1907) 278
Cruciade 659
CRUIKSHANK, William C. (1745—1808) 538
CRUISE, Sir Francis R. (1834—1912) 603
CRUVEILHIER, Jean (1791—1874) 580, 585, 589
Cuba 398
CUNNINGHAM, Allan (1791—1839) 450
CURIE, Jacques (1855—1941) 243, 365—366
CURIE, Maria SKLODOWSKA (1867—1834) 326, 608, 635
CURIE, Pierre (1859—1906) 243, 326, 365, 608, 635
CURTICE, COOPER (1856-?) 428
CUSHING, Harvey (1869—1939) 491
CUTBUSH, Edward (sec. XVIII-XIX) 649
CUVIER, Frédéric (1773—1838) 381—382, 384—385, 389, 396, 407, 413, 417—419, 482, 495, 508—523, 525—526, 552, 565, 650
CYON, Élie de (1842—1912) 597
CYR, Jules (+ 1892) 601
CYRANO DE BERGERAC, Savinien (1619—1655) 517
CZERNY, F. (fl. 1903) 469

DADDI, Lamberto (fl. 1896) 415
DAGUERRE, Louis (1789—1851) 178
DAHL, Knut (1871—1951) 433
DALEAU, François (1845—1927) 573
DALLMEYER, John H. (1830—1883) 179
DALMAN, Johann W. (1787—1828) 423
Dalmaţia 257
DAL NEGRO, Salvatore (1769—1839) 227
DALTON, John (1766—1844) 11, 118, 120, 272, 277—278, 305—307, 310—312, 315—316, 335, 345, 585, 636
DALTON, John Call (1825—1889) 491
Damasc 659

DAMASCHINO, François-Th. (1840—1899) 597
DAMOISEAU DE MONFORT, Marie-Charles (1768—1846) 161
DAMOUR, Alexis (1808—1892) 363
DAMPIER, William (1652—1711) 670
DANA, Edward S. (1849—1935) 379
DANA, James Dwight (1813—1895) 368, 379, 390, 397, 400, 432, 433
DANCE, Jean-Baptist (1797—1832) 583
DANDELIN, Germinal (1794—1847) 24, 45
Danemarca 424, 434, 488, 570, 640
DANIELL, John F. (1790—1845) 223, 278
DANIELSSEN, Daniel (1815—1894) 420
DANNEIL, Johann F. (1783—1868) 570
DARBOUX, Gaston (1842—1917) 51, 53, 56, 57, 70, 71
DARESTE, Camille (1822—1899) 542
DARMOIS, Georges (1888—1960) 302, 558
Darmstadt 334
DARWIN, Charles (1809—1882) 14, 87, 382, 386, 398, 406, 432—433, 442, 449, 455, 479, 507—509, 511, 524, 525, 531, 553—556, 569, 646, 655
DARWIN, Erasmus (1731—1802) 118, 430, 553
DARWIN, Sir Francis (1848—1925) 554
DASTRE, Albert (1844—1917) 485
DAUBENTON, Louis-J.M. (1716—1800) 372, 377, 400, 495, 522
DAUBRÉE, Auguste (1814—1896) 372, 374, 375—376, 391
DAVAINE, Casimir-Joseph (1812—1882) 459—460
DAVENPORT, Charles B. (1866—1944) 431—432
DAVID, Armand (1826—1900) 450
DAVIDSON, Thomas (1817—1885) 422
DAVIS, Charles Henry (1807—1877) 654
DAVIS, William Morris (1850—1934) 393
DAVY, Sir Humphry (1778—1829) 169, 173, 215, 217, 219, 223—225, 229, 233, 275, 312—313, 328, 341—342, 400, 631, 637
DAWSON, John W. (1820—1899) 384, 397
DĀWUD, EL-ANTĀKI (+ 1599) 657, 663
DAX, Marx (1790—1837) 583
DEBIERNE, André-Louis (1874—1949) 326
DECAISNE, Joseph (1807—1882) 467, 545, 548
DEDEKIND, Richard (1831—1916) 12, 22, 28, 44, 64, 76, 81, 82, 84
DEGENHARDT, Carl (fl. 1839) 399
DEHÉRAIN, Pierre-P. (1830—1902) 475
DEJEAN, Auguste (1780—1845) 420
DE LA BECHE, Sir Henry Thomas (1796—1855) 375, 395, 401
DELAFOSSE, Gabriel (1796—1878) 357—359, 365, 368, 377
DELAGE, Yves (1854—1920) 415, 428, 430, 434, 562
DELANGE (fl. 1840) 583
DELAROCHE, François (fl. 1813) 274
DE LA RUE, Warren (1815—1889) 141, 179
DELASSUS, Étienne (1868—1926) 70, 71
DELESSE, Achille (1817—1881) 365, 371—372, 374
DELLA VALLE, Antonio (1850—1935) 421
DELPECH, Jacques (1777—1832) 581
DELUC, Jean-André (1727—1817) 271, 388
DEMARQUAY, Jean-Nicolas (1811—1875) 593
DEMOCRIT (460?—370?) 505
DEMOOR, Jean (1867—1943) 431
DEMOUSSY, Émile (1866—1942) 478
DENONVILLIERS, Charles (1808—1872) 596
DEPÉRET, Charles (1854—1929) 527
DERBY, Orville A. (1851—1915) 399
Derptum (Tartu) 136, 147, 152, 644
DEROSNE, Charles (1780—1846) 556
DESARGUES, Gérard (1591—1661) 33, 36, 44
DESCARTES, René (1596—1650) 11, 12, 13, 24, 57, 76, 131, 220
DES CLOIZEAUX, Alfred (1817—1897) 362—363
DESFONTAINES, René LOUICHE (1750—1833) 443
DESGENETTES, Nicolas du FRICHE, baron (1762—1837) 587
DESHAYES, Gérard (1795—1875) 383
Deshima 674
DESLANDRES, Henri (1853—1948) 164
DESMAREST, Nicolas (1725—1815) 382, 389
DESNOYERS, Jules (1800—1887) 383
DESORMEAUX, Antonin E. (+ 1894) 603
DESORMES, Charles B. (1777—1862) 274
DESPIAU, medic militar (+ 1824)
DESPRETZ, César (1792—1863) 269, 272, 273—274, 279, 290
DETTWEILER, Peter (1837—1904) 606
DEVILLE, Charles; — Henry. — V. Sainte-Claire Deville.
DEVILLE, Jean (1797—1872) 601
DEVILLIERS, Charles (1812—1893) 585
DEWAR, Sir James (1842—1923) 176, 270, 280, 293
DEWITZ, Herman (1848—1890) 535
DIARD, P.M. (1794—1863) 671
DIDAY, Charles (1812—1894) 582
DIDEROT, Denis (1713—1784) 94
DIECKMANN (fl. 1889) 602
DIEFFENBACH, Johann F. (1792—1847) 581

DIELS, Ludwig (1874—1945) 446
DIESING, Karl M. (1800—1867) 428
DINI, Ulisse (1845—1918) 63
DIOSCORIDE DIN ANAZARBE, Pedanios (sec. I) 664
DIRICHLET, Peter Gustav LEJEUNE (1805—1859) 31, 59, 62—64, 73, 82—86
DITTRICH, Franz (1815—1859) 585
DIX, Dorothea Lynde (1802—1887) 587
DIXON, Hugh N. (1861—1944) 471
DOHRN, Anton (1840—1909) 420, 434, 511
DOLLFUS, Gustave-F. (1850—1931) 395
DOLLOND, John (1706—1761) 180
DOLOMIEU, Déodat GRATET DE (1750—1801) 354
DOMBROWSKI, Jaroslav (1838—1871) 150
DOMEYKO, Ignaz (1802—1889) 399
DOMINICI, Henri (1867—1919) 598
DON, George (1798—1836) 450
DONATI, Giovanni Battista (1826—1873) 163
DONKIN, William (1814—1869) 72
DONOVAN, Charles (1863—1951) 608
DOPPLER, Christian (1803—1853) 138, 177, 203
DORMOY, Émile (1823-?) 94
DOUBLE, François.-J. (1776—1842) 578
DOUBLEDAY, Henry (1808—1875) 432
DOUGLAS, David (1798—1834) 450
Dover 206, 236
DOVE, Heinrich W. (1803—1879) 204
DOYEN, Eugène-L. (1859—1916) 591
DOYÈRE, Louis (1841—1863) 420, 431
DRACH, Jules (1871—1949) 72
DRAPER, John William (1811—1882) 140, 179
DRESCHFELD, Julius (1845—1907) 601
DRESER, Heinrich (1860—1924) 345
DREYFUS-BRISACH, Louis (1849—1903) 599
DRIESCH, Hans (1867—1941) 415, 541
DRUDE, Oscar (1852—1933) 452
DUBINI, Angelo (1813—1902) 428, 593
Dublin 416, 580, 584, 603
DUBOIS, Eugène (1858—1940) 569
DUBOIS, Raphaël (1849—1929) 435
DU BOIS-REYMOND, Émil (1818—1896) 460
DU BOIS-REYMOND, Paul (1831—1899) 63, 78
DUBRUNFAUT, Augustin P. (1797—1881) 294
DUCHENNE DE BOULOGNE, Guillaume (1806—1875) 486
DUCHESNE, Ernest (1874—1912) 597
DUCKWORTH, Dyce (1840—1920) 601
DUCLAUX, Émile (1840—1904) 461, 597
DUCLAUX, Jacques (n. 1877) 100
DUCOS DU SAURON, Louis (1832—1910) 178
DUCREY, Augusto (1860—1940) 593
DUDGEON, John (fl. 1870) 665
DUFAY, Charles de CISTERNAY (1698—1739) 213, 261
DUFF, chirurg englez (1747—1824) 670
DUFRÉNOY, Armand PETIT — (1792—1857) 371, 374—375, 377, 394
DUHAMEL, Jean-Marie-Constant (1797—1872) 63, 203, 226
DUHAMEL DU MONCEAU, Henri-Louis (1700—1782) 463—464, 483
DUHEM, Pierre (1861—1916) 107, 130—131, 238
DUJARDIN, Félix (1801—1860) 409, 419, 422, 425, 428, 538
DUJARDIN-BEAUMETZ, George (1833—1895) 605
DULONG, Pierre-Louis (1785—1838) 206, 269—274, 277, 279, 283, 289, 317
DUMAS, Charles-Louis (1865—1913) 492
DUMAS, Émilien (1804—1870) 565
DUMAS, Jean-Baptiste (1800—1884) 320, 324, 328, 334, 458, 485, 538, 598, 631
DUMONT, André (1809—1857) 383, 396
DUNCAN, Andrew (1744—1828) 579
DUNN, John (fl. 1880) 604
DUPETIT, G. (fl. 1880) 475
DUPIN Charles (1784—1873) 33, 45, 48, 54
DUPLEIX, Joseph-François, marchiz (1696—1763) 670
DUPRÉ, Athanase (1808—1869) 290
DUPRÉ, Ernest (1862—1921) 590
DUPUYTREN, Guillaume (1777—1835) 576, 581
DURAND, Élie (1794—1873) 450
DURHAM, Herbert E. (1866—1945) 596
DUROCHER, Joseph (1817—1860) 372, 374, 376
DUROZIEZ, Paul Louis (1826—1897) 598
DUSSAUD, François (1870—1953) 206
DUTROCHET, Henri (1776—1847) 294, 408, 463, 466, 469—470, 472, 477—478, 481, 492, 544
DUTTON, Clarence E. (1841—1912) 398
DUVAL, Mathias (1844—1907) 414, 597

EATON, Amos (1776?—1842) 397
EBELMEN, Jacques (1814—1852) 372
EBERTH, Carl Josef (1835—1926) 593, 595
EBSTEIN, Wilhelm (1836—1912) 601
Ecuador 398, 450
EDDINGTON, Sir Arthur (1882—1944) 165

Edinburgh 357, 377, 400, 579, 585, 587, 598, 600, 667, 636, 675
EDISON, Thomas (1847—1931) 207, 415
EDLUND, Erik (1819—1888) 283
EDWARDS, Henri-Milne (1800—1885) 422, 433, 555
EDWARDS, William (1777—1842) 431
Egipt 308, 410, 423, 587, 592, 658, 664
EHRENBERG, Christian (1795—1876) 409, 414, 419, 435
EHRENFEST, Paul (1880—1933) 219
EHRLICH, Paul (1854—1915) 345, 414, 415, 431, 601
EICHENWALD, Alexander A. 1863—1944) 197, 254, 267
EICHLER, August W. (1839—1887) 441, 445
EIMER, Theodor (1843—1898) 423, 557
EINSTEIN, Albert (1879—1955) 12, 13, 30, 99, 131
EINTROVEN, WILLEM (1860—1927) 608, 639
EISENSTEIN, Ferdinand (1823—1852) 26, 83
EKERBERG, Anders G. (1767—1813) 369
EKSTRÖM, C. Ulrich (1781—1859) 424
EL-ALAMI, Abdesselem ben Mohamed (sec. XIX) 665
ELIE DE BEAUMONT, Léonce (1798—1874) 372, 374—375, 386, 390—392, 394, 400, 567
ELKIN, William L. (1855—1933) 147
Elveţia 19, 346, 378, 384, 387, 391, 395, 396, 526, 572, 639
EMERY, Carlo (1848—1925) 430
EMMONS, Ebenezer (1799—1863) 383, 397
EMPIS, Georges (1824—1913) 590
ENDLICHER, Stephan (1804—1849) 444, 449
ENDRES, Hermann (fl. 1895) 541
ENGEL, Friedrich (1861—1941) 57
ENGELMANN, Wilhelm (1843—1909) 478
ENGLER, Adolph (1844—1930) 445, 448
ENNEPER, Alfred (1830—1885) 56
ENRIQUES, Federigo (1871—1946) 36, 52
EÖTVÖS, Lóránd (1848—1919) 124, 640
EPAULARD, M.A. 665
EPICUR (341—270 î.e.n.) 505
EPPINGER, Hans (1846—1916) 594
ERB, Wilhelm (1840—1921) 600
Erlangen 19, 635
ERLENMEYER, Richard (1825—1909) 338
ESCHERICH, Karl (1871-?) 430
ESCHERICH, Theodor (1857—1911) 593
ESMARCH, Friedrich (1823—1908) 600
ESPINAS, Alfred (1844—1922) 432
ESPINE, Adolphe D' (1846—1930) 605
ESQUIROL, Jean (1772—1840) 576, 583
ESSEN, L. (sec. XX) 200
Estonia 136, 644
Etna 392
EUCLID (sec. IV-III î.e.n.) 37, 107, 676
EUDES-DESLONGCHAMPS, Jacques (1794—1867) 395
EUDOXOX (sec. V. î.e.n.) 77
EULER, Leonhard (1707—1783) 21, 38, 47, 57, 61, 69, 72, 82, 86, 113, 115, 117, 126, 146, 644
Europa 9, 14, 62, 241, 258, 377, 395, 398, 420, 447, 448, 451, 488, 489, 521, 529, 572, 575, 581, 609, 632, 634, 636, 656, 657, 658, 664, 666, 669, 677
Europa centrală (mijlocie) 13, 20, 640
Europa danubiană 640
Europa occidentală 11, 14, 18, 627, 629—641, 665—667, 669—670, 674
Europa orientală 12, 643—646
EVANS, Sir John (1823—1908) 566, 570
EVANS, Oliver (1755—1819) 648
EWALD, Ernst (1855—1921) 489
EWART, William (1848—1929) 598
EWING, James A. (1855—1935) 680
EXNER, Carl (1842—1914) 176
Extremul Orient 668—681
EYDOUX, Joseph (+ 1841) 433

FABBRONI, Giovanni (1752—1822) 214
FABRE, Antoine (1797—1854) 605
FABRE, J. Henri (1823—1915) 418
FABRICIUS, Johan Christian (1745—1810) 420, 593
FABRY, Charles (1867—1945) 177, 184
Facultatea de medicină din Paris 407
Facultatea de ştiinţe din Paris 77
FAHRENHEIT, Daniel (1686—1736) 270
FAIRBANK, J.K. 678
FAIRMAIRE, Léon (1820—1906) 420
FALCK, Carl Ph. (1816—1880) 595
FALCONER, Hugh (1808—1865) 586
FALLOT, Étienne (1850—1911) 604
FALRET, Jean-Pierre (1794—1870) 606
FANO, Gino (1871—1952) 32
FARABEUF, Louis-H. (1841—1910) 596
FARADAY, Michael (1791—1867) 11, 122, 192, 195, 210—211, 215, 217, 222, 225—235, 237, 240, 243—247, 249, 250, 261, 270, 279, 335, 341, 631, 637
FARLOW, William (1844—1919) 546
FARR, William (1807—1883) 432
FAUCONNEAU-DUFRESNE. Victor (1798—?) 602
FAUJAS DE SAINT-FOND, Barthélemy (1741—1819) 399—400
FAURE, Jean-Louis (1863—1944) 591

FAVRE, Pierre-A. (1813—1880) 273, 283
FAYE, Hervé (1814—1902) 165
FAYOD, Vincent (1860—1900) 447
FAYRER, Sir Joseph (1824—1907) 431
FEATHERSTONHAUGH, George W. (1780—1866) 653
FÉAUX, Maurice (fl. 1888) 568
FECHNER, Gustav Theodor (1801—1887) 139, 153, 225, 488
FEDDERSEN, Berend W. (1832—1918) 195, 241, 251
FEDOROV, Evgraf S. (1853—1919) 356, 360
FEDCENKO, Alexis P. (1844—1873) 428
FEHLING, Hermann von (1812—1885) 595
FEIL, Charles (1824—1887) 376
FERDINAND AL V-LEA Catolicul (1452—1516) 665
Fère-en-Tardenois 571
FERGUSSON, Sir William (1808—1877) 590
FERMAT, Pierre (1601—1665) 83—85, 121
FERRAND, Gabriel (1864—1935) 665
FERRIER, Sir David (1843—1928) 489, 494
FEUERBACH, Karl W. (1800—1834) 38, 46
Fes 665
FICHTE, Johann G. (1762—1814) 635
FICK, Adolphe (1829—1901) 597
FIELD, R. (fl. 1860) 397
FIESSINGER, Charles A. (1857—1942) 604
FILIPPI, Filippo de (1869—1938) 430
Filipine 450
Finlanda 416, 448
FINLAY, Carlos Juan (1833—1915) 593
FINLAYSON, George (1790—1823) 671
FINSEN, Niels (1860—1904) 640
FISCHER, Ernst G. (1754—1832) 309
FISCHER, Paul (1835—1893) 401
FISHER, Ronald A. (n. 1890) 89, 95
FITTING, Hans (1877-?) 479
FITTON, William H. (1780—1861) 383
FITZGERALD, George (1851—1901) 200, 264, 268
FIZEAU, Hippolyte (1819—1896) 138, 140, 173, 177, 179 , 182—184, 191, 194, 198, 254, 267, 272, 365
FLAHAULT, Charles (1852—1935) 452
FLEMING, John (1785—1857) 422
FLEMING, Williamina STEVENS (1857—1911) 155
FLEMMING, Walther (1843—1915) 409, 410, 414, 538
FLETCHER, Sir Lazarus (1854—1921) 377
FLEXNER, Simon (1863—1946) 608
FLINDERS, Matthew (1774—1814) 443
Florenţa 214, 587
FLORIAN, Y. (sec. XVI) 665
FLOURENS, Pierre (1794—1867) 482, 485 493, 495, 513, 555, 566, 599
FLÜGEL, Gustav (1802—1870) 663, 666
FLÜGGE, Carl (1847—1923) 590
FOCK, Andreas L. (1856—1928) 368
FODÉRÉ, François E. (1764—1835) 587
FOECK (fl. 1853) 601
FOL, Hermann (1845—1892) 538
FONG CHE (sec. XVII—XVIII) 672
FONG TCHAO-TCHENG (sec. XVIII) 672
FONTANNES, Francisque (1839—1886) 395
FONTENELLE, Bernard LE BOVIER DE (1657—1757) 78, 394
FORBES, David (1828—1876) 399
FORBES, Edward (1815—1854) 432, 434, 436—437
FORBES, Francis B. (1839—1908) 450
FORBES, George (1849—1936) 257
FORBES, James David (1809—1868) 173
FORBES, John (1787—1861) 579
FORBES, Stephen Alfred (1844—1930) 432
FOREL, François A. (1841—1912) 435
FORLANINI, Carlo (1847—1918) 584
FORTUNE, Robert (1813—1880) 450
FOSTER, Sir Michael (1836—1907) 490
FOUCAULT, Léon (1819—1868) 116, 117, 129, 136—137, 140—141, 173—175, 179, 182, 283
FOUQUÉ ,Ferdinand (1828—1904) 368, 373, 376
FOURCROY, Antoine-François DE (1755—1809) 366, 368, 575
FOURIER, Joseph (1768—1830) 24, 59—62, 69, 89, 109, 114, 201—202, 224, 239, 274, 296
FOURNET, Joseph (1801—1869) 364, 374
FOURNET, Jules (fl. 1839) 579, 599
FOURNIER, Eugène (1871—1941) 392
FOURNIER, Jean-Alfred (1832—1914) 600
FRAENTZEL, Oscar (1838—1894) 599
FRANÇAIS, Jacques-Frédéric (1775—1833) 66
Frankfurt 423, 579, 592,
FRANCK, A.B. (1839—1900) 476
FRANÇOIS-FRANCK, Charles E. (1849—1921) 486
FRANK, Peter (1745—1821) 587
FRANKENHEIM: Moritz (1801—1869) 364, 368
FRANKLAND, Sir Edward (1825—1899) 333, 339
FRANKLIN, Benjamin (1706—1790) 209, 213, 231, 261, 271, 652, 653,
Franţa 12, 14, 18, 19, 23, 26, 33, 41, 45, 49, 55, 58, 60—62, 72—76, 80, 178, 216, 218, 269, 377, 387, 391—393, 401, 415—

416, 423, 433—435, 447—448, 458, 480, 485, 489, 492, 504, 520, 523, 552, 555, 559, 599, 565, 570, 582, 585, 588, 601, 602 ,606, 607, 633—635, 638, 653, 671, 673
FRANZ, Rudolph (1827-?) 270, 274, 296, 364
FRASER, Sir Thomas R. (1841—1919) 605
FRAUNHOFER, Joseph von (1787—1826) 136, 147, 175, 299
FREGE, Gottlob (1848—1925) 32, 33
Freiberg 116, 377, 389, 399
FRÉMY, Edmond (1814—1894) 376, 476
FRENET, Frédéric (1816—1868) 55
FRERICHS, Friedrich Th. (1819—1885) 602
FRESENIUS, Johann (1808—1866) 594
FRESNEL, Augustin (1788—1827) 48, 121, 181, 183, 187—191, 193, 197—198, 202, 219, 222, 242, 253, 254, 265—267, 362
FREUD, Sigmund (1856—1939) 488, 640
FREYCINET, Louis de SAULCES DE (1828—1923) 123
FRIEDEL, Charles (1832—1899) 376—377
FRIEDEL, Georges (1865—1933) 360
FRIEDLÄNDER, Carl (1847—1887) 593
FRIEDREICH, Nikolaus (1825—1882) 605
FRIES, Elias (1794—1878) 442, 447, 448, 640
FRITSCH, Anton (1832—1913) 436
FRITSCH, Gustav (1838—1891) 493
FROBENIUS, Georg (1849—1917), 24, 83, 85
FRORIEP, Robert von (1804—1861) 508
FRORSCH, Paul (1860—1920) 593
FRYER, John (1839—1928) 677
FUCHS, Carl Wilhelm (1837—1886) 375, 376
FUCHS, Immanuel Lazarus (1833—1902) 26, 71, 75, 77
FUCHS, Johann Nepomuk von (1774—1856) 366
Fundaţia Carlsberg 640 — Nobel 640; — Solvay 639
FÜRBRINGER, Max (1846—1920) 508, 510
FURON, Raymond 421

GAERTNER, Carl Friedrich von (1772—1850) 545, 559
GÄTKE, Heinrich (1814—1897) 424
GAHN, Johann G. (1745—1818) 369
GAIMARD, Joseph (1796?—1858) 433
Galapagos, insulele 398, 553
GALEOTTI, Henri G. (1814—1858) 384
GALILEI, Galileo (1564—1642) 10, 78, 134, 482
GALIPPE, Victor (1848—1922) 602
GALL, Franz Joseph (1758—1828) 586
GALLE, Johann G. (1812—1910) 159
GALLI-VALERIO, Bruno (1857-?) 428
GALOIS, Évariste (1811—1832) 22, 23, 72, 81
GALTON, Sir Francis (1822—1911) 87, 88, 101, 559
GALVANI, Luigi (1737—1798) 212—214, 489, 638
GAMALEÏA, Nicolas F. (1859—1949) 461
Gand 334, 639
GANIN, Mitrofan S. (1839—1894) 535
GARCIA, Manuel (1805—1906) 603
GARNOT, Prosper (1794—1838) 433
GARREAU, Lazare (1812—1892) 467, 471, 477
GARROD, Sir Alfred Baring (1819—1907) 595, 605
GARROD, Alfred Henry (1846—1879) 424
GAUDIN, Marc-Antoine (1804—1880) 319
GAUDRY, Albert (1827—1908) 396, 401, 524—526, 555, 566
GAULTIER DE CLAUBRY, H.F. (1792—1851) 415
GAUPP, Ernst (1865—1916) 510
GAUSS, Carl Friedrich (1777—1855) 11, 12, 19, 21, 26, 29, 38—42, 44, 53—55, 57, 60, 63, 65, 72—74, 80—84, 88, 109, 120, 122, 156—158, 166, 177, 192, 201 210, 236, 635, 654
GAUTHIER, Jean-Denis (1810—1877) 671
GAVARRET, Louis (1809—1890) 581
GAY-LUSSAC, Louis-Joseph (1778—1850): 11, 120, 269—273, 276—278, 282, 302, 307, 313, 492, 634
GAYON, Ulysse (1845—1929) 475
GEER, Gerard de (1858—1943) 640
GEGENBAUR, Carl (1826—1903) 420, 423, 508, 510, 596
GEIKIE, Sir Archibald (1835—1924) 386, 395, 400
GEIKIE, James (1839—1915) 572
GEINITZ, Franz Eugen (1854—1925) 371
GEINITZ, Hans B. (1814—1900) 383
GEISSLER, Heinrich (1814—1879) 175
GENERINI, Francesco (1593—1663) 393
Geneva 279, 579, 580, 601
GENGHIS-HAN (sec. XII) 659
GENTY, Nicole 575
GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Étienne (1772—1844) 381, 399, 451, 497—506, 508—511, 520—521, 526, 541
GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Isidore (1805—1861) 533, 542—543
GEORGET, Étienne (1795—1828) 583
GERGONNE, Joseph Diaz (1771—1859) 19, 31, 33, 38, 45, 48, 66
GERHARD, D. (fl. 1861) 373
GERHARDT, Carl (1833—1902) 597, 605

GERHARDT, Charles (1816—1856) 322—323, 331—334, 631
GERLACH, Joseph von (1820—1896) 414, 596
GERMAIN, Sophie (1776—1831) 203
Germania 12, 19, 23, 26, 33, 35, 46, 49, 52, 54, 55, 58, 60, 66, 71, 72, 75, 180, 216, 262, 270, 285, 313, 334, 345, 346, 355, 356, 364, 373, 376, 377, 383, 386, 401, 422, 423, 428, 434, 489, 493, 581, 596, 639
GERMAR, Ernst Friedrich (1786—1853) 423
GERNEZ, Désiré (1834—1910) 278, 368,
GERSTÄCHER, Friedrich (1816—1872) 420
GERVAIS, Paul (1816—1879) 523, 530
GIA-LONG, împărat (1762—1820) 673
GIAMBELLI, Giovanni (1879—1953) 37
GIARD, Alfred (1846—1908) 421, 428, 430, 534, 552
GIBBS, Josiah Willard (1839—1903) 29, 60, 100, 260—261, 288 304, 341, 655
GIESE, Wilhelm (1847-?) 263
Giessen 492, 655
GILBERT, Augustin (1858—1927) 602
GILBERT, Grove Karl (1843—1918) 388
GILBERT, William (1544—1603) 261
GILG, Ernst (1867-?) 446
GILL, Sir David (1843—1914) 144, 147
GIORGINI, Gaetano (1795—1874) 48
GIRARD, Albert (1595—1632) 21
Glasgow 334
GLÉNARD, Frantz (1852—1933) 606
GLEY, Eugène (1857—1930) 493
GLUGE, Gottlieb (1812—1898) 428
GMELIN, Leopold (1788—1853) 318, 636
GODLEWSKI, Émile (1847—1930) 470
GODRON, Alexandre (1807—1877) 562
GODWIN-AUSTEN, Robert (1808—1884) 565
GOEBEL, Karl von (1855—1935) 439—441, 449
GÖPEL, Adolph (1812—1847) 69
GOEPPERT, J. Heinrich (1800—1884) 384, 449
GOETHE, Johann Wolfgang von (1749—1832) 439—440, 501, 503
Göttingen 19, 55, 62, 73, 236, 635
GOEZE, Johann (1731—1793) 593
GOLDBACH, Christian (1690—1764) 85
GOLDFLAM, Samuel (1852—1932) 600
GOLDFUSS, Georg (1782—1848) 422
GOLDSCHMIDT, Victor (1853—1933) 356
GOLDSTEIN, Eugen (1850—1931) 262
GOLGI, Camillo (1844—1925) 412, 597
GOLTZ, Friedrich (1834—1902) 488—489, 498
Gondwana 399, 402, 437
GOODCHILD, John G. (1844—1906) 388
GOODSIR, John (1814—1867) 421
GORCEIX, Henri (fl. 1876) 399
GORDAN, Paul (1837—1912) 26, 51, 69
GOROJANKIN, Ivan N. (1848—1904) 547
GOSSARD, Émile (1849—1909) 278
GOSSE, Hippolyte (1834—1901) 567
GOSSELET, Jules (1832—1916) 391, 395
GOT, Théophle (n. 1873) 83
GOTTSCHE, Karl (1808—1892) 448
GOURSAT, Édouard (1858—1936) 70
GRAAF, Regner de (1641—1673) 538
Grădina botanică (Paris) 559
GRAEBE, Karl (1841—1927) 339
GRÄFFE, Carl H. (1799—1873) 24
GRAFF, Ludwig von (1851—1924) 419
GRAHAM, Thomas (1805—1869) 323, 375
GRAILICH, Wilhelm (1829—1859) 362, 364
GRAMME, Zénobe (1826—1901) 227
Granada 660, 665
GRANCHER, Jacques (1843—1907) 598
GRAND'EURY, Eyrille (1839—1917) 384, 441
GRANDIDIER, Alfred (1836—1921) 398
GRANDIDIER, Ernest (1833—1912) 398
GRANT, Robert B. (1793—1874) 422
GRASSET, Joseph (1849—1918) 599
GRASSI, Giovanni Battista (1854—1925) 428, 594
GRASSMANN, Hermann G. (1809—1877) 25, 28, 29, 44, 49, 56, 235
GRASSMANN, Justus G. (1779—1852) 357
GRATELOUP, Jean-Pierre de (1782—1861) 383
Gratz 436, 640
Grădina de plante (Paris) 559
GRAVES, Robert James (1796—1853) 580—581, 601
GRAY, Asa (1810—1888) 450, 452
GRAY, Elisha (1855—1901) 208
GRAY, John E. (1800—1875) 423
GREAVES, John (1602—1652) 662
Grecia 396, 641
GREEN, George (1793—1841) 30, 60, 74, 210, 225, 231, 240
GREENOUGH, Georg B. (1778—1855) 375, 395
Greenwich 143, 159, 163
GREFF, R. (fl. 1869) 419
GREGORY, James (1638—1675) 134
GREN, Friedrich A.C. (1760—1798) 213
Grenoble 400
GRESSLY, Amanz (1814—1865) 391
GREW, Nehemiah (1641—1712) 408
GRIESINGER, Wilhelm (1817—1868) 583, 601
GRIFFITH, Sir Richard J. (1784—1878) 395
GRIFFITH, William (1810—1845) 450

GRIMALDI, Francesco (1618—1663) 185
Grimaldi 568, 573
GRIS, Jean A.A. (1829—1872) 474, 477
GRISCHOW, Karl Ch. (1793—1860) 466
GRISEBACH, August (1814—1879) 452
GRISOLLE, Augustin (1811—1869) 580—581
Gröninger 639
GROS, Georges Iegor Iegorovici (fl. 1845) 428
GROTTHUS, Theodor (1785—1822) 215, 230
GROUSSET, René (1885—1952) 661
GROVE, Sir William (1811—1896) 223
GRUBB, Thomas (1800—1878) 179
GRUBER, Max (1853—1927) 596
GRUBY, David (1810—1888) 428, 459, 594
GRUÈRE (fl. 1840) 584
GRUNERT, Johann A. (1797—1872) 55
GUBLER, Adolphe (1821—1897) 599, 603
GUDERMANN, Christoph (1798—1852) 75
GÜMBEL, Karl W. von (1823—1898) 384
GUÉNEAU DE MUSSY, François (1774—1857) 595
GÜNTHER, Albrecht (1830—1914) 423, 436
GUÉRIN, Jules (1801—1886) 584, 607
GUETTARD, Jean-Étienne (1715—1786) 389, 393, 397
GÜTTLER, Carl (fl. 1877) 570
GUEYMARD, Émile (1788—1869) 375
GUICHARD, Claude (1861—1869) 56
GUIGNARD, Léon (1852—1928) 410, 547
GUILLAIN, Georges (n. 1876) 594
GUINAND, Henri (1771—1851) 180
GUINAND, Pierre-Louis (1744—1825) 136, 180
GULDBERG, Cato M. (1836—1902) 340, 640
GULL, Sir William W. (1816—1890) 602
GUTHRIE, Frederick (1833—1886) 275
GUTHRIE, Samuel (1782—1848) 582
Guyana franceză 399
GUYE, Charles-Eugène (1866—1942) 197, 200
GUYON, Jean (1831—1920) 603

HABERLANDT, Gottlieb (1854—1939) 441, 452
HACHETTE, Jean Nicolas P. (1769—1834) 45, 47, 54, 60
HADAMARD, Jacques (n. 1865) 58, 64, 85
HADLEY, John (1682—1744) 134
HAECKEL, Ernst H. (1834—1919) 410, 425, 430, 487, 510, 539—541, 556, 569
HÄLLSTRÖM, Gustaf G. (1775—1844) 202, 205, 270, 272
HAEN, Anton de (1704—1776) 581
HAGEN, Ernst (1851—1923) 255
HAHNEMANN, Samuel (1755—1843) 585
HAIDINGER, Wilhelm R. von (1795—1871) 364
HAIME, Jules (1824—1856) 422
HAJECH, Camillo (1820—1883) 206
HĀJJĪ, KHALĪFA (v. 1609—1657) 657, 665
HĀJJĪ PASHĀ (+1417) 660
HALE, George E. (1868—1938) 164
HALES, Stephen (1677—1761) 470, 471, 492, 517
HALFORT (sec. XIX) 587
HALL, James (1761—1832) 376
HALL, James (1811—1898) 397, 401
HALL, Marshall (1790—1857) 490
Halle 19, 78, 635
HALLER, Albrecht von (1708—1777) 487
HALLER, Gustav (+1886) 421
HALLION, Louis (1862—1940) 591
HALLOPEAU, François (1842—1919) 595
HALPHEN, Georges (1844—1889) 37, 49, 52, 76
HALSTED, William Stewart (1852—1922) 591, 592
HAMANN, Otto (1857—1926) 428
Hamburg 416, 603
HAMEAU, Jean (1779—1851) 582, 584
HAMILTON, Sir William Rowan (1805—1865) 23—25, 27, 29, 48, 66, 72, 110, 162, 248
HAMY, Ernest (1842—1908) 565, 568
HANKEL, Hermann (1839—1873) 29, 32, 75
Hankeu 675
HANN, Julius von (1839—1921) 452
HANNOVER, Adolf (1814—1894) 414
HANOT, Victor (1844—1896) 595, 602
HANSEN, Armauer (1841—1912) 640
HANSEN, Peter A. (1795—1874) 161
HANSTEIN, Johannes L. (1822—1880) 441
Harkov 644
HARDY, Michel (fl. 1888) 568
HARKNESS, William (1837—1903) 164
HARLAN, Richard (1796—1843) 522
HART, Sir Robert (1835—1911) 676
HARTIG, Theodor (1805—1880) 472
HARTT, Charles Frédéric (1840—1878) 399
Harvard (Colegiu, Observator Universitate) 133, 140, 154, 416, 453, 491, 655
HARVEY, William (1578—1657) 455, 480, 503
HARVEY, William H. (1811—1866) 448, 451
HAZR, Karl O. (1842—1906) 594
Hartz (munții) 377, 395, 504
HASSENFRATZ, Jean-Henri (1755—1827) 315, 463
HATCHETT, Charles (1765—1847) 369
HATSCHEK, Berthold (1854—1941) 419
HAUG, Émile (1861—1927) 387, 391, 395
HAUSSMANN, Ernest (fl. 1882) 601

HAUSSMANN, Johann F.L. (1782—1859) 357
HAUTEFEULLE, Paul (1836—1902) 376
HAÜY, Réné-Just (1743—1822) 354—359, 364—366, 368, 370—372, 377
HAWKSBEE, Francis (+1713) 124, 261
HAYEM, Georges (1841—1933) 598, 601
HAYGARTH, John (1740—1827) 595
HEAVISIDE, Oliver (1850—1925) 29, 242, 264
HEBRA, Hanv von (1847—1902) 584, 603
HÉDON, Charles E. (1863—1933) 602
HEDWIG, Johann (1730—1799) 446, 448, 545—546
HEER, Oswald (1809—1883) 384
HEFNER-ALTENECK, Friedrich von (1845—1904) 172
HEGEL, Georg W. Friedrich (1770—1831) 11, 158
HEGER, Paul (1846—1925) 488, 639
Heidelberg 137, 175, 488, 590, 635
HEIDENHAIN, Rudolf (1834—1897) 597
HEIDER, Karl (1856—1935) 539
HEIDER, Moritz (1816—1866) 606
HEILPRIN, Angelo (1853—1907) 437
HEIM, Albert (1849—1937) 390, 394, 639
HEINE, Eduard (1821—1882) 76
HEINE, Jacob von (1799—1879) 597
Heligoland 424
HELLRIEGEL, Hermann (1831—1895) 476
HELMERT, Robert (1843—1917) 95
HELMHOLTZ, Herman von (1821—1894) 42, 44, 50, 56, 60, 113, 119 129, 165, 177, 185, 195, 202, 234, 237—238, 242, 249—250, 252, 255, 260, 265, 270, 287, 289, 460, 487—488, 493—494, 636
Helmstädt 21
HENCKE, Karl (1793—1866) 158
HENDERSON, Thomas (1798—1844) 133, 147
HENKE, Heinrich A. (1775—1843) 587
HENLE, Jacob (1809—1885) 411, 459, 585, 596
HENOCH, Eduard (1820—1910) 604
HENRY, Alexander (1739—1824) 450
HENRY, Joseph (1797—1878) 229, 241, 256, 654
HENRY, Paul (1849—1901) 141, 145
HENRY, Prosper (1848—1902) 141, 145
HENRY, William (1774—1836) 306, 310
HENSEN, Victor (1835—1934) 432, 435
HENSLOW, John (1796—1861) 553
HERBART, Johann Friedrich (1776—1841) 49
HERBERT, William (1778—1847) 559
HERBST, Gustav (1803—1893) 428, 593
HERLITZKA, Amedeo (1872—1949) 541
HERMANN, Jakob (1678—1760) 270
HERMANN, Ludimar (1838—1914) 204, 494
HERMITE, Charles (1822—1901) 24, 26, 69, 73, 75, 77, 80, 82, 86
HERNANDEZ, Jean-François (1769—1835) 582
HERSCHEL, Sir John (1792—1871) 31, 62, 139, 150, 153, 166, 173, 175, 204, 232, 273, 362
HERSCHEL, Sir William (1738—1822) 135, 140, 148—149, 151, 153, 173, 174, 636
HERTWIG, Oscar (1849—1922) 410, 535, 538, 539
HERTWIG, Richard (1850—1937) 410, 535
HERTZ, Heinrich Rudolph (1857—1894) 121, 122, 127, 169, 174, 195, 197, 238, 241, 244, 249—254, 255—256, 262, 266
HESEHOUS, Nicolas (1845—1919) 206
HESS, Henry (1802—1850) 283
HESSE, Eugène (fl. 1890) 430
HESSE, Ludwig Otto (1811—1874) 25, 26, 47
HESSEL, Johann F. Ch. (1796—1872) 357, 359, 367
HIGGINS, William (1763—1825) 311
HILBERT, David (1862—1943) 18, 19, 27, 32, 37, 44, 58, 74, 85
HILL, Gardiner (fl. 1837) 587
HILL, George William (1838—1914) 60, 161, 655
Himalaya 402, 520
HIRASE, Shintaro (1884—1939) 546
HIRN, Gustave-Adolphe (1815—1890) 274, 276, 283
HIS, Wilhelm sr. (1831—1904) 414, 596
HIS, Wilhelm jr. (1863—1934) 597
HISINGER, Wilhelm (1766—1852) 312
HITCHCOCK, Edward (1793—1864) 397, 522
HITTI, Philip K. (n. 1886) 658
HITTORF, Wilhelm (1824—1914) 176, 258, 262
HITZIG, Eduard (1838—1907) 498
HOBSON, Benjamin (1816—1873) 675
HODGSON, Joseph (1788—1869) 584
Högholm 416
HOEK, Martin (1834—1873) 198
HOEK, Paulus (1851—1914) 534
HOFFSTETTER, Robert 523
HOFMANN, August Wilhelm von (1818—1892) 339
HOFMEISTER, Wilhelm (1824—1877) 410, 439, 448, 545
HOLBORN, Ludwig (1860—1926) 271
HOLMBOË, Berndt M. (1795—1850) 65
HOLMES, Oliver Wendell (1809—1894) 582, 590
HOLZKNECHT, Guido (1872—1931) 596
HOMBRON, Jacques B. (1800—?) 433
HOMOLLE, Augustin (1808—1875) 586

HONG JEN-KAN (1822—1864) 679
Hongkong 674—675, 679
HONG SIFU-TS'IUAN, „Împăratul divin", conducător al Taipinului (fl. 1860) 679
HOOKE, Robert (1635—1703) 134, 190, 408
HOOKER, Sir Joseph Dalton (1817—1911) 433, 437, 445, 449, 452
HOOKER, Sir William Jackson (1785—1865) 445—453
HOPE, James (1801—1841) 584
HOPE, Thomas Ch. (1766—1844) 272
HOPKINS, Thomas (1780—1864) 207, 277
HORNER, William G. (1786—1837) 24
HORSEFORD, Eben Norton (fl. 1850) 655
HORSLEY, Sir Victor (1857—1916) 488, 490, 600
HOSTMANN, Christian (fl. 1860) 570
HOUËL, Jules (1823—1886) 41
HOUSSAY, Frédéric (1860—1920) 552
HOVELACQUE, Abel (1843—1896) 569
HOWARD, Edward (sec. XVIII şi XIX) 375
HUA HONG-FANG (1833—1902) 677
HUANG KUAN [WONG FUN] (1828—1878) 675
HUBER, François (1750—1831) 430
HUBERT, Joseph (1747—1825) 466
HUBRECHT, Ambrosius (1853—1915) 511
HUDSON, William H. (1841—1922) 432
Huê 670, 673
HUGGINS, Sir William (1824—1910) 138, 140, 152, 155—156, 163, 176
HUGHES, David E. (1831—1900) 208, 256
HUGO, Victor (1802—1885) 10
HUGONIOT, Pierre-Henri (1851—1887) 114
HUMBERT, Georges (1859—1921) 51, 83
HUMBOLDT, Alexander von (1769—1859) 19, 307, 372, 389, 392, 398, 437, 449, 483, 635
HUMBOLDT, Wilhelm von (1767—1835) 635
HUNT, Thomas Sterry (1826—1892) 375
HUNTER, John (1728—1798) 522
HURWITZ, Adolf (1859—1919) 82, 85
HUTCHINSON, John (1811—1861) 597
HUTCHINSON, Sir Jonathan (1828—1913) 604
HUTIN, Jean (1804—1892) 599
HUTTON, James (1825—1895) 372, 374, 390
HUXLEY, Thomas Henry (1825—1895) 417, 419, 424, 430, 434, 437, 445, 509, 527, 539, 554
HUYGENS, Christiaan (1629—1695) 115, 120, 181, 186, 189, 203, 361, 364
HYATT, Alpheus (1838—1902) 422
HYDE, T. (fl. 1880) 662
HYRTL, Jošef (1810—1894) 596
Iagelonă (Universitatea din Cracovia) 640
IBN AL-BAYTĀR (+1248) 664
IBN BATTUTA (1304—1377) 657
IBN HAMZA AL-MAGHREBI (fl. —1590) 657, 662
IBN MĀDJID (1430—?) 665
IKENO, Seiitirô (1866—1943) 546
ILLINGWORTH, K.K. (sec. XX) 200
Indii 346, 396, 449, 450, 628, 668
Indochina 593, 668
INGENBOUSZ, Jam (1730—1799) 463, 477
Institute: — catolic (Paris) 405; — de chimie (Giessen) 492, 635; — columbian 649; — Franţei 28, 513, 649—650; — de igienă (München) 607; — Karolinska 640; — de mine (Petersburg) 643; — Pasteur (Paris) 469; — de fiziologie (Leipzig) 488; — Solvay de fiziologie 488, 639
International Catalogue of Scientific Literature 633
Irak 660
ISABELA de Castilia (1450—1504) 665
Islam 657—658, 662—663
Italia: 19, 23, 26, 33, 41, 47, 52, 55, 58, 75, 378, 384, 395, 428, 434, 488—490, 528, 585, 638
ITARD, Jean 22, 28, 50
ITARD, Jean M. Gaspard (1774—1838) 579, 603
Iugoslavia 641

JABLONSKI, Paul Ernest (sec. XVIII şi XIX) 473
JACKSON, Charles (1805—1880) 581
JACKSON, James (1777—1868) 584
JACKSON, John Hughlings (1835—1911) 599
JACOBI, Boris Semionovici [MORITZ HERMANN] (1801—1874) 226, 646
JACOBI, Carl Gustav J. (1804—1851) 19, 22, 24, 26, 46, 54, 67—70, 72, 73—75, 110, 162
JACQUELIN DU VAL, Canule (1825—1862) 420
JACQUEMONT, Victor (1801—1832) 450
JACQUES, Jean 363, 367, 455, 468, 470
JACQUINOT, Charles (1796—1879) 433
JAILLARD, Pierre—François (fl. 1875) 460
JAMES, William (1848—1908) 13
JAMESON, Robert (1774—1854) 382, 400
JAMIN, Jules (1818—1886) 182
JANET, Charles (1849—1932) 430
JANNETTAZ, Édouard (1832—1899) 275, 364
JANSE, Jacobus Marinus (1859—1938) 470

JANSEN, Jules (1824—1907) 164, 166, 178, 492
Japonia 627, 628, 636, 671, 674, 679
Jardin du Roi 550
Java 54, 453, 569
JEANS, Sir James (1877—1946) 300
JEFFERSON, Thomas (1743—1926) 397, 522, 649
JEFREY, Edward Ch. (1866—1952) 441, 449
Jena 409, 635
JENNER, Edward (1749—1823) 675
JERRARD, George Birch (+1863) 24
JESSEN, Peter W. (1793—1875) 600
JEVOLE, W.S. (fl. 1830) 580
JEVONS, William St. (1835—1882) 32
JOACHIMSTHAL, Ferdinand (1818—1861) 55
JOBERT DE LAMBALIE, Antoine-J. (1799—1867) 581
JOENICHEN (fl. 1830) 605
JOFFROY, Alex. (1844—1908) 600
JOHANNSEN, Wilhelm I. (1857—1927) 558
JOHNSON, Samuel W. (1866—1930) 479
JOLLY, Justin (1870—1953) 600
JOLY, John S. (1857—1933) 274
JOLY, Nicolas (1812—1885) 457, 471
JONQUIÈRES, Ernest DE FAUQUE DE (1820—1901) 34, 36, 52
JOOS, Jakob (1894—1953) 200
JORDAN, Alexis (1814—1897) 562
JORDAN, Camille (1838—1922) 23, 26, 47, 58, 75, 80 359
JOUANNET, François (1765—1845) 564
JOUBERT, Jules (1834—1910) 457, 608
JOULE, James Prescott (1818—1889) 119, 234, 270, 275, 283, 292, 302, 487
JOURDANET, Denis (1815—?) 597
JUKOVSKI, Nicolai E. (1847—1921) 646
JULIA, Gaston (n. 1893) 77
JULLIEN, L. (fl. 1875) 598
Jura: 391, 395
JUSSIEU, Antoine-Laurent de (1748—1836) 442—443, 447—448
JUSSIEU, Bernard de (1699—1777) 544, 550

Kabili 664
KAHLER, Otto (1849—1893) 660
KAMERLINGH ONNES, Heike (1853—1926) 270, 279, 293, 639
Kamceatka 643
K'ANG YEU-WEI (1858—1927) 679
Kansas 529
KANT, Immanuel (1724—1804) 11, 13, 151, 158, 408
KAPTEYN, Jacobus C. (1851—1922) 144, 152
Karlsruhe 251, 632, 636
KARPINSKI, Alexandr P. (1846—1936) 645
KASHI, Jamshīd ibn Mas'ūd ibn Mahmūd, Giyāt, ed-Din al (+1430) 661
KATO, H. (fl. 1890) 681
KATZER, Friedrich (1861—?) 399
KAUP, Johann H. (1803—1873) 524
KAYSER, Heinrich (1853—1940) 176
KAY-SHUTTLEWORTH, James (1804—1877) 587
Kazan 40, 335, 644
KEKULÉ VON STRADONITZ, August (1829—1896) 333—339
KELSCH, Louis (1841—1911) 599
KELVIN, Lord, — V. Thomson, William
KEMPE, Alfred B. (1849—1922) 57
KEMPF, Paul (1856—1920) 149, 154
KENDALL, Edward C. (n. 1866) 498
KENNEDY, R.J. (sec. XX) 200
Kent's Hole 565
KEPLER, Johann (1571—1630) 150, 157, 177
KERNIG, Vladimir M. (1840—1917) 600
KERR, John (1824—1907) 249
KERR, John G. (1824—1901) 675
Kew 141, 445, 453
KEYNES, John Maynard (1883—1946) 89
KIDSTON, Robert (1852—1924) 384
KIELMEYER, Heinrich (1765—1844) 503
Kiev 644
KI HAN (sec. III și IV) 669
KIKUCHI, Dairoku (1855—1917) 680
KILBORNE, F.L. (fl. 1893) 429
KILIAN, Wilfrid (1862—1925) 395
KILLING, Wilhelm (1847—1923) 50
KIRCHHOF, Gottlieb Sigismund (fl. 1815) 468
KIRCHHOFF, Gustav Robert (1824—1887) 30, 60, 137—138, 169, 175, 203, 225, 237, 239—240, 242, 245, 275, 297—298, 324
KIRCHNER, Emil O.O. (1851—?) 433
KIRILOV, Porfir Y. (1801—1864) 450
KIRK, John (1832—1922) 451
KIRKES, William S. (1823—1864) 588
KIRKMAN, Thomas P. (1806—1895) 57
KIRKWOOD, Daniel (1814—1895) 146
KITASATO, Shibasaburo (1852—1931) 606
KLAPROTH, Martin Heinrich (1743—1817) 368
KLEBS, Georg (1857—1918) 448
KLEBS, Theodor (1834—1913) 414, 593
KLEIN, Félix (1849—1925) 23, 24, 26, 27, 36, 40—50, 58, 69, 77, 82
KLEINENBERG, Nicolaus (1842—1897) 536
KLEMENT, Constantin (1856—1902) 369

KNIGHT, Thomas Andrew (1759—1838) 478, 559
KNOBEL, Edward B. (1841—1930) 662
KNOBLAUCH, Karl H. (1820—1895) 173
KNOP, Johann (1817—1891) 474
KNORR, Ludwig (1859—1921) 345
KNOWLTON, Frank Hall (1860—1926) 431
KOBB, Gustav (1863—1934) 53
KOBOLD, Hermann (1858—1942) 152
KOCH, Ludwig K.A. (1850—?) 441
KOCH, Robert (1843—1910) 459—460, 606
KOCHER, Theodor (1841—1917) 602
KOEBE, Paul (1882—1945) 51
KOEBERLÉ, Eugène (1828—1915) 590
KÖLLIKER, Albert von (1817—1905) 409, 411, 509, 538
KOELREUTER, Joseph G. (1733—1806) 544, 559
KÖNIG, Rodolphe (1832—1901) 204
KOENIGS, Gabriel (1858—1931) 49
KÖRNER, Wilhelm (1839—1928) 337
KÖTTER, Ernst (1859—1922) 39
KOFFLER, Jan (1711—1780) 670
KOHLE, Wilhelm (1869—1935) 605
KOHLRAUSCH, Friedrich W. (1840—1910) 258, 260, 275
KOHLRAUSCH, Rudolf (1809—1858) 194, 237, 239, 242
KOLBE, Hermann (1818—1884) 335
KOMAROV, Vladimir L. (1869—1945) 450
KONINCK, Laurent-G. de (1809—1887) 383
KOPLIK, Henry (1858—1927) 604
KOPP, Hermann (1817—1892) 290
KOREN, Johan (1809—1885) 420
KORJINSKI, Serghei Ivanovici (1860—1900) 563
KORSAKOV, Serghei S. (1853—1900) 600
KORSCHELT, Eugen (1856—1935) 539
KOSTÎCEV Serghei P. (1877—1931) 469
KOTZEBUE, Otto von (1787—1846) 433
KOVALEVSKAIA [KOWALEWSKY] Sofia (1850—1891) 71
KOVALEVSKI, Alexandr O. (1840—1901) 421, 534, 539, 646
KOVALEVSKI, Vladimir O. (1842—1893) 528, 531, 646
KRAŞENINIKOV, Ştefan P. (1711?—1750) 644
KREBS, Hans Adolf (n. 1900) 467
KRIGAR-MENZEL, Otto (1861—1929) 204
KRÖNIG, August K. (1822—1879) 120
KRONECKER, Leopold (1823—1879) 12, 23, 24, 26, 31, 64, 69, 78, 81, 83, 85
KRÜGER, Karl (1832—1896) 144
KRUSE, Walther (1864—1943) 594
KUAN A-TU (1818—1874) 675
KÜCHENMEISTER, Gottlob (1821—1890) 428
KÜHNE, Willy (1837—1900) 431
KÜSTNER, Karl F. (1856—1936) 146
KÜTZING, Friedrich (1807—1893) 447, 456
KUHLMANN, Charles-Frédéric (1803—1881) 341
KULAGHIN, Nikolai M. (1860—?) 535
KUMMER, Ernst E. (1810—1893) 48, 49, 66, 78, 84
KUNDT, August (1839—1894) 182, 254—255
KUNTH, Karl (1788—1850) 450
KUNTZE, Carl (1843—1907) 368
KURLBAUM, Ferdinand (1857—1927) 301
KUSS, Georges (1867—1937) 599
KÜSSMAUL, Adolf (1822—1902) 600
Kyoto 680

Laboratorul Cavendish 638
LABRIC (fl. 1852) 601
Lac: — Leman 206, 436; — Superior 436
LACASSAGNE, Alexandre (1843—1924) 606
LACAZE-DUTHIERS, Henri de (1821—1901) 421, 430, 434, 534
LACORDAIRE, Jean Th. (1801—1870), 420
LACROIX, Alfred (1862—1948) 373, 377
LACROIX, Sylvestre-François (1765—1843) 45, 54, 61, 62, 90
LADENBURG, Albrecht (1842—1911) 338
LAENNEC, René Théophile Hyacinthe (1781—1826) 14, 481, 576—580, 584, 599
LAFAYETTE, Marie-Joseph de (1757—1834) 650
LAGNEAU, Louis-V. (1781—1867) 582
LAGRANGE, Joseph-Louis (1736—1813) 12, 21, 22, 49, 62, 65, 80, 82, 86, 108, 109—112, 117, 123, 128, 161, 201, 205, 210, 223, 248
LAGUERRE, Edmond (1834—1886) 28, 42, 51
LAGUESSE, Edouard (1861—1927) 597, 602
LALANDE, Joseph-Jérôme LE FRANÇAIS DE (1732—1807) 144
LAMANON, Robert de PAUL DE (1752—1787) 382
LAMARCK, Jean-Baptiste de MONET DE (1744—1829) 381—382, 393, 405, 413, 417, 420—421, 431, 443, 466, 517—518, 550—553, 569
LAMBERT (fl. 1826) 581
LAMBERT, Johann Heinrich (1728—1777) 31, 38, 39, 41, 148, 151, 173, 270, 272—273, 298
LAMÉ, Gabriel (1795—1870) 29, 45, 46, 60, 84, 112, 125, 190, 357
LAMEERE, Auguste (1864—1942) 554
LA MÉTHERIE, Jean-Claude de (1743—1817) 401

LA METTRIE, Julien OFFREY de (1709—1751) 469
LAMOUROUX, Jean (1779—1825) 448
LAMPADIUS, Wilhelm (1772—1842) 473
LAMPERT, Kurt (1859—1918) 436
LANCEREAUX, Étienne (1829—1910) 598, 602
LANCRET, Michel-Ange (1774—1807) 54
LANDAU, Edmund (1877—1938) 85
LANDGREBE, Georg (1802—?) 371
LANDOIS, Leonard (1837—1902) 599
LANDOUZY, Louis (1845—1917) 599
LANDRÉ-BEAUVAIS, Augustin (1772—1840) 578
LANDSTEINER, Karl (1868—1943) 608
LANE, Jonathan Homer (1819—1880) 165
LANG, Arnold (1855—1916) 419
LANG, Victor von (1838—1921) 275, 365
LANGBERG, Lorenz Christian (1810—1857) 274
LANGERHANS, Paul (1847?—1888) 602
LANGEVIN, Paul (1872—1946) 195, 233, 283, 635
LANGLEY, John N. (1852—1925) 140, 173, 494
LANGLEY, Samuel P. (1834—1906) 140, 173
LANGLOIS, Jean-Paul (1862—1923) 603
LANGLOIS, P. (1640?—1700) 670
LANKESTER, Sir Edwin Ray (1847—1929) 433, 539
LANNELONGUE, Odilon-M. (1840—1911) 596, 604
LA NOË, Gaston de (1836—1902) 393
LÂN-ŌNG (1720—1790?) 669, 671
LAPLACE, Pierre-Simon (1749—1827) 12, 60, 61, 74, 87—91, 95—98, 108, 110, 114, 118, 123—124, 161, 201, 203, 206, 210, 217, 223, 240, 375, 491
LAPPARENT, Albert de (1839—1908) 387, 395, 401
LAPWORTH, Charles (1842—1920) 387
LA RIVE, Auguste de (1801—1873) 215, 222, 226
LA RIVE, Lucien de (1834—1924) 252
LARMOR, Sir Joseph (1857—1942) 242, 248, 267
LA ROCHEFOUCAULT-LIANCOURT, François (1747—1827) 582
LARREY, Dominique-Jean (1766—1842) 575, 581
LARTET, Edouard (1801—1871) 523, 567, 573
LARTET, Louis (1840—1899) 568
LA RUE, Warren de. — V. De la Rue
LASAULX, Arnold von (1839—1886) 373
LASÈGUE, Charles (1816—1883) 580, 600, 604
LASSELL, William (1799—1880) 136
LASSERRE, Pierre (1867—1930) 9
LATREILLE, André (1762—1833) 420
LATTEUX, Paul (fl. 1890) 414
LATZINA, Francisco (1843—?) 399
LAUBRY, Charles (1872—1960) 589
LAUE, Max von (n. 1879) 360
LAUGIER, André (1770—1832) 375
LAUNAY, Louis de (1860—1938) 376
LAURENCET (fl. 1830) 502
LAURENT, Augustin (1807—1853) 322, 334, 631
LAURENT, Émile (1861—1904) 475
LAURENT, Pierre-Alphonse (1813—1854) 73
Lausanne 639
LAUTEMANN, Eduard (fl. 1875) 605
LA VALLÉE, POUSSIN, Charles de (n. 1866) 85
LAVANCHY, Charles (1888—1958) 197, 200
LAVERAN, Alphonse (1845—1922) 428, 594
LAVIZZARI, Luigi (1814—1875) 366
LAVOISIER, Antoine-Laurent (1743—1794) 10, 11, 12, 118, 305, 313—316, 328, 343, 386, 394, 463—466, 480—481, 491
LAW, Thomas (1759—1839) 649
LAWES, Sir John Bennet (1814—1900) 475
LEBAILLIF, Alexandre (1814—1875) 369
LEBEDEV, Piotr N. (1866—1911) 249
LE BEL, Achille (1847—1930) 181, 336
LEBERT, Hermann (1813—1878) 594, 601
LEBESGUE, Henri (1875—1941) 62, 76, 80
LEBESGUE, Victor (1791—1875) 84
LE BLANC, Nicolas (1742—1806) 366
LECÈNE, Paul (1878—1929) 581, 590
LECHARTIER, Georges-V. (1837—1903) 468
LE CHÂTELIER, Henry (1850—1936) 269, 276
LECHER, Ernst (1856—1926) 252
LECLERC, Lucien (1816—1893) 657, 659, 664
LECOQ, Henri (1802—1871) 451
LECOQ DE BOISBAUDRAN, François, (1838—1912) 175—176
LECORCHÉ, Ernest (1830—1904) 595, 600
LE DANTEC, Félix (1869—1917) 552
LEDIBERDER (fl. 1833) 605
LEE, Arthur Bolles (1849—1927) 415
LEEUWENHOEK, Antonij van (1632—1723) 408, 456, 544
LEFRANÇOIS, Frédéric-L. (1779—1838) 45
LEGALLOIS, Julien (1770—1814) 481, 493, 586
LEGENDRE, Adrien-Marie (1752—1833) 12, 39, 67—70, 80, 82, 84, 85
LEGENDRE, François-L. (1812—1858) 584
LEGENDRE, Paul (1854—1936) 595, 601
LÉGER, Louis (1866—1948) 426

LEGRAND DU SAULLE, Henri (1830—1886) 606
LEHMANN, Otto (1855—1912) 368
LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm (1666—1716) 12, 19, 30, 57, 61, 62, 408
LEIDY, Joseph (1823—1891) 428, 524
Leipzig 30, 453, 488—489, 591,
LEISHMAN, Sir William Boog (1865—1926) 608
LEJUMEAU DE KERGARADEC, Jean-A. (1787—1877) 579
LÉMERY, Louis (1677—1743) 542—543
LEMOINE, Émile (1840—1912) 38
LENARD, Philipp (1862—1947) 263
LENZ, Friedrich Emil (1804—1865) 235
LEON X, papă (1475—1521) 665
LEON Africanul [Johannes Leo de MEDICIS] (1490?—1550) 657, 665
LEONARDO DA VINCI (1452—1519) 512
LEPEKIN, Ivan I (1740—1802) 644
LÉPINE, Jean (n. 1876) 600
LEPLAT, F. (fl. 1870) 460
LEPSIUS, Richard (1851—1917) 395
LEREDDE, Emile (1866—1926) 598
LÉRI, André (1875—1930) 601
LERMINIER, Nilamon Th. (1770—1836) 579
LE ROUX, François (1832—1907) 205, 254
LEROY, Jean F. 88, 174, 342, 343, 576
LESLIE, John (1766—1832) 278
LESQUEREUX, Charles (1806—1889) 384
LESSAIGNE, J.L. (fl. 1821) 473
LESSON, René-P. (1794—1849) 433
LESUEUR, Charles-Alexandre (1778—1846) 433
LESZCZYC-SUMINSKI, Michael (1820—1898) 545
LE TĂC (sec. XIII—XIV) 672
LEUBE, Wilhelm O. (1842—1922) 601
LEUCKTENBERG, Nikolas von (1743—1791) 379
LEUCKART, Karl (1823—1898) 420, 428, 538, 593
LEUDET, Émile (1794—1873) 599
LÉVEILLÉ, Joseph-H. (1796—1870) 447
LE VERRIER, Urbain (1811—1877) 143, 159—161, 166
LEVI, Beppo (n. 1875) 53
LEVI-CIVITA, Tullio (1873—1941) 30, 110
LÉVY, Armand (1794—1841) 364
LÉVY, Jacques 175—176, 179
LÉVY, Michel (1809—1872) 395, 606
LEWIS, Timothy R. (1841—1886) 593
LEXIS, Wilhelm (1837—1914) 94
Leyda 270, 280, 416, 639
LEYDIG, Franz (1821—1908) 411, 430
LEYDOLT, Franz (1810—1859) 366
LEYMERIE, Alexandre (1801—1878) 395
LIAPUNOV, Alexandr (1857—1918) 91
LI CHAN-LAN (1810—1882) 677—678
LICHTHEIM, Ludwig (1845—1928) 594
LICK, James (1796—1876) 136, 160
LIE, Sophus (1842—1899) 24, 27, 42, 43, 49, 53, 56, 72, 640
LIEBIG, Justus von (1803—1873) 283, 321, 324, 328—329, 334, 456, 463, 467, 473—474, 493, 498, 581, 636, 655
LIEBREICH, Matthias (1839—1908) 345
LIE CHE-TCHEN (1518—1593) 672
Liège 565, 639
LIGNIER, Octave (1855—1916) 384, 441, 449
Lille 456
LILLIE, Frank (1870—1947) 431
LILLJEBORG, Wilhelm (1816—1908) 435
LIMA, P. de (sec. XVII—XVIII) 670
Lima 379
LIMAN, Carl (1818—1891) 587
LINCOLN, Abraham (1809—1865) 654
LINDE, Carl Ritter von (1842—1934) 293
LINDELÖF, Lorentz L. (1827—1908) 71
LINDEMANN, Ferdinand (1852—1939) 37, 86
LINDIG, Franz (1877—?) 204
LINDLEY, John (1799—1865) 444
LINDNER, Paul (fl. 1880) 430
LINK, Friedrich (1767—1851) 594
LINNÉ, Carl von (1707—1778) 370, 413, 417, 428, 442—443, 444, 454, 640
LIN TSE-SIU (1785—1850) 676
LIOUVILLE, Joseph (1809—1882) 19, 22, 25, 51, 55, 78, 84, 86, 110
LIPPMANN, Gabriel (1845—1921) 178, 261
LIPSCHITZ, Rudolf (1832—1903) 50, 56, 70, 110
Lisabona 416, 641
LISCH, Georg (1801—1883) 570
LISFRANC, Jacques (1790—1847) 581
LISSAJOUS, Jules-Antoine (1822—1880) 204
LISTER, Joseph (1827—1912) 345, 459, 591
LISTER, Joseph Jackson (1786—1869) 180
LISTING, Johann B. (1808—1882) 57—58, 177
LISTON, Robert (1794—1847) 581
LITOLFF, Charles Henry (sec. XIX-XX) 673
LITTLE, William J. (1810—1894) 605
LITTRÉ, Émile (1801—1881) 607
Liverpool 584
LIVET, Jean Joachim (1783—1812) 45
LOBACEVSKI, Nicolai I. (1792—1856) 12, 20, 40, 41, 645
LOBKOWITZ, August Longui (1797—1842) 378
LOBSTEIN, Jean (1777—1835) 584
LOCKE, John (1632—1704) 576
LOCKYER, Sir Joseph Norman (1836—1920) 156, 164

LOCOCK, Sir Charles (1799—1875) 605
LODGE, Sir Oliver (1851—1940) 257
Lodi 458
LOEB, Jacques (1859—1924) 536
LOEFFLER, Friedrich (1852—1915) 593
LOEPER, Maurice (1875—1933) 598
LÖSCH, Friedrich (fl. 1875) 593
LOEWY, Maurice (1833—1907) 162
LOGAN, Sir William E. (1798—1875) 387
LOMBROSO, Cesare (1836—1909) 606
LOMONOSOV, Mihail V. (1711—1765) 370, 644
Londra 141, 257, 312, 415—416, 422, 505, 553—555, 580, 582—583, 594, 603, 607, 637, 648
LONG, Crawford W. (1815—1878) 581
LONGCHAMP (fl. 1850) 329
LONGUET, Léon-Alfred (fl. 1890) 591
LOOMIS, Elias (1811—1889) 676
LORAIN, Paul (1827—1875) 590
LORENTZ, Hendrik Antoon (1853—1928) 29, 60, 121, 123, 131, 195, 200, 211, 248, 255, 264, 632, 639
LORENZ, Ludwig V. (1829—1891) 238, 265, 267
LORENZ, Theodor K. (fl. 1894) 535
LORRY, Anne-Charles de (1726—1783) 481
LORY, Charles (1823—1889) 375, 395, 467
LOSCHMIDT, Josef (1821—1895) 303
LOTSY, Jan P. (1867—1931) 562
LOUIS, Pierre-Ch.-A. (1787—1872) 577, 579—580, 582, 587, 599
LOUREIRO, Juan de (1710—1791) 670
Louvain 639
LOVÉN, Christian (1835—1904) 434
LOVÉN, Sven (1809—1895) 422, 434, 538, 640
LOWITZ, Tovi E. Tobias-Johann (1757—1804) 644
LOWTHIAN, Green-W. (1819—1890) 390
LUBBOCK, Sir John (1834—1913) 570
LUCANUS, B. (fl. 1866) 474
LUCAS-CHAMPIONNIERE, Just (1843—1913) 590—592
LUCIANI, Luigi (1840—1919) 488
LUDWIG, Karl (1816—1895) 486
LUGHININ, Vladimir F. (1834—1911) 273
LÜNBECK (fl. 1880) 604
LÜROTH, Jacob (1844—1910) 52
LUGEON, Maurice (1870—1953) 392, 639
LUMIÈRE, Auguste (1862—1954) 486
LUMIÈRE, Louis (1864—1948) 486
LUMMER, Otto (1860—1925) 299, 301
Lund 640
LÜONG-THÉ-VINH (sec. XV) 672
LUSCHKA, Hubert (1820—1875) 585
Luxemburg 329
Lvov 644
LYELL, Sir Charles (1797—1875) 374, 382, 388, 400—401, 445, 554, 565, 566
Lyon 377, 486, 562, 569, 592, 596, 602, 606

MACALLUM, Archibald B. (1859—?) 465
Macao 671, 675
MAC CULLAGH, James (1809—1847) 48, 243, 253
MAC DOUGAL, Daniel T. (1865—1958) 471
MAC ENERY, John (+ 1841) 565
MACEWEN, Sir William (1848—1914) 591
MACFARLANE, Alexander (1851—1913) 29
MACGOWAN, D.J. (fl. 1870) 677
MACH, Ernst (1838—1916) 127
MAC INTOSH, William C. (1838—1931) 421, 434
MACLAURIN, Colin (1698—1746) 50
MACLEAR, Sir Thomas (1794—1879) 147
MACLURE, William (1763—1840) 397, 401
MACOUN, John (1832—1920) 450
Madeleine (La) 567, 571, 573
MADISON, James (1751—1836) 650
Madrid 378, 412, 528, 608, 641
MÄDLER, Johann H. (1794—1874) 150, 152, 162
Magelan (trecătoare) 421
MAGENDIE, François (1783—1855) 481—485, 486—488, 489, 492, 586, 635
MAGNAN, Valentin (1835—1916) 600
MAGNUS, Gustav (1802—1870) 270, 273, 275, 277
MAGNUS, Ludwig E. (1790—1861) 47, 52
MAILLET, Benoît de (1656—1738) 517
MAILLOT, François-C. (1804—1894) 582
MAINARDI, Gaspare (1800—1879) 55
Malayezia 554
MALFATTI, Giovanni F. (1731—1807) 38
MALGAIGNE, Joseph-F. (1806—1865) 581—582, 585
MALLARD, Ernest (1833—1894) 356, 360, 364, 368
MALPIGHI, Marcello (1628—1694) 408, 472
MALTHUS, Thomas R. (1766—1834) 13, 432, 554
MALUS, Etienne-Louis (1775—1812) 48, 139, 172, 177, 186, 190, 356, 361
Manchester 263, 585
MANGIN, Louis (1852—1937) 411
MANN, Gustav (1864—1921) 451
MANSON, Sir Patrick (1844—1922) 428
MANTELL, Gideon A. (1790—1852) 383
MAQUENNE, Léon (1853—1925) 475, 478
MARAGLIANO, Edoardo (1849—1940) 596
MARBACH, Christian (1817—1873) 363

Marburg: 488
MARC, Charles (1771—1841) 583
MARCHAL, Anselme (1777—1854) 601
MARCHAL, Paul (1862—1942) 536
MARCHLEWSKI, Léon P.Th. (1869—?) 478
MARCONI, Guglielmo (1874—1937) 258
MARCOU, Jules (1824—1898) 395, 396, 437
Marea Britanie vezi Anglia
MAREY, Jules (1830—1904) 178, 415, 486, 492, 598
MARGERIE, Emmanuel de (1862—1953) 394, 402
MARIE, Pierre (1853—1940) 601, 603
MARIE, René (fl. 1896) 598
MARKOV, Andrei A. (1856—1922) 83, 91, 102
MARMOREK, Alexandre (1865—1923) 606
Maroc 660, 664
MAROTTE, Francisque (1873—?) 78
MARSH, Othniel Ch. (1831—1899) 397, 424
MARTIN (fl. 1860) 415
MARTIN W.A.P. (1827—1916) 678
MARTIUS, Karl F.P. von (1794—1868) 450
MASCART, Eleuthère (1837—1908) 198
Mas d'Azil 571, 573
MASCHERONI, Lorenzo (1750—1800) 38
MASKELINE, Nevil (1732—1811) 143, 148
Massachusetts 397, 652
MASSIEU, François (1832—1896) 288
MASSON, Antoine (1806—1858) 175
MATHERON, Philippe (1807—1899) 383
MATHIAS, Émile (1861—1942) 279
MATHIEU, Albert (1855—1917) 601
MATHIJSEN, Anthonius (1805—1878) 604
MATRUCHOT, Louis (1863—1921) 468, 549
MATTEUCI, Carlo (1811—1868) 487, 489
MATTHIESEN, Ludwig (1830—1906) 271
MAUPAS, Émile (1842—1916) 426
MAUPERTUIS, Pierre-Louis MOREAU de (1698—1759) 12
MAURICE, Frédéric (1750—1820) 463
MAURY, Antonia C. de P.P. (1866—?) 155
MAURY, Mathew F. (1806—1873) 434
MAXIMOVICI, Carl I (1827—1891) 450
MAXWELL, James Clerk (1831—1879) 29, 60, 99—101, 102, 121—122, 169, 174, 193—198, 210, 216, 227, 232, 234, 236, 238—251, 253—256, 259, 263—266, 299, 302, 638
MAY, Étienne (n. 188) 588
MAYER, Adolf (1839—1908) 72
MAYER, Julius Robert von (1814—1878) 119, 234, 282, 477, 487
MAYER, J. Tobias (1752—1830) 273
MAYER, Paul (1848—1923) 415
MAYER-EYMAR, Karl D. (1826—1907) 387
MAYOR, François (1779—1854) 573, 579, 601
MAZÉ, Pierre (1868—?) 468, 475—476
McBURNEY, Charles (1845—1913) 595
McCLINTOCK, Emory (1840—1916) 24
McDOWELL, Ephraim (1771—1830) 581
Mechanics' Institute 637
MECKEL, Johann F.jr. (1781—1833) 539, 541
MECKEL, von HEMSBACH, Heinrich (1822—1856) 602
Mediterana 434
MEHMKE, Rudolf (1857—1944) 24
MEIGEN, Johan (1764—1845) 420
MEIGS, Josiah (1755—1822) 649
Meiji 674, 679
MEIN (fl. 1830) 586
MEISTER, Joseph (1876—1941) 592
Melbourne 416
MELDE, Franz E. (1832—1901) 204, 207
MELLONI, Macedonio (1798—1854) 140, 173
MELNIKOV, Nicolai M. (1840—1900) 428
Melun 461
MELVILL, Thomas (1726—1753) 172, 175
MENDEL, Gregor (1822—1884) 13, 14, 88, 89, 559—563, 641
MENDELEEV, Dimitri I. (1834—1907) 10, 176, 270, 279, 325, 646
MERAY, Charles (1835—1911) 71, 75, 76
MERING, Joseph von (1849—1908) 602
MERKEL, Friedrich S. (1845—1919) 596
MERRIAM, Clinton H. (1855—1942) 437
MERRILL, George P. (1854—1929) 379
MERTENS, Franz (1840—1927) 82
MESNET, Urbain (1825—1898) 604
MECINIKOV, Ilia (1845—1916) 419—421, 430, 461, 535, 646
MEUNIER, Fernand (fl. 1900) 423
MEUNIER, Stanislas (1843—1925) 391
MEUNIER, Victor-Amédée (1817—1903) 567
MEUSEL, Eduard (fl. 1875) 475
Mexico 379, 400, 671
MEYEN, Franz J.F. (1804—1840) 410
MEYER, Adolf B. (1840—1911) 411
MEYER, Arthur (fl. 1883) 414
MEYER, Ernst H. Friedrich (1791—1858) 408
MEYER, Hans W. (1825—1895) 603
MEYER, Hermann von (1801—1869) 524
MEYER, Lothar (1830—1895) 324
MEYERHOF, Max (1874—1945) 659
MEYERSON, Émile (1859—1933) 497
MEYERSTEIN, Moritz (1808—1882) 175
MEYRANX, Pierre-Stanislas (fl. 1830) 502
M'HAMED-ALI (1768—1849) 658, 665
MICHAUX, François-André (1770—1855) 450

MICHELI, Pier' Antonio (1679—1737) 547
MICHEL-LEVY, Auguste (1844—1911) 368, 372, 377, 395
MICHELSON, Albert (1852—1931) 131, 183, 198, 268
MICULESCU, Constantin (1863—1937) 283
MIERS, Henry A. (1858—1942) 366
Milano 157, 602
MILLARD, Henry-B. (1832—1893) 599
MILLARDET, Alexis (1838—1902) 549
MILLER, J.S. (fl. 1821) 422
MILLER, William Allen (1817—1870) 155
MILLER, William Hallowes (1801—1880) 357, 368
MILNE, John (1850—1913) 680
MILNE-EDWARDS, Alphonse (1835—1900) 424
MILNE-EDWARDS, Henri (1800—1885) 422, 433, 555
MINCHIN, George M. (1845—1914) 140
MINDING, Adolf (1806—1885) 48, 54
MING, dinastie 670
MINH-VÜÓNG, rege în Annam din 1691 pînă în 1725 670
MINKOWSKI, Oscar (1858—1931) 602
MINOT, Charles S. (1852—1914) 414
MIRANDOLA, PICO DE LA (1463—1494) 11
MIRBEL, Charles-Louis BRISSEAU DE (1776—1854) 408
MIRON (fl. 1890) 430
MITCHELL, Sir Thomas Livingstone (1792—1855) 450
MICIURIN, Ivan V. (1854—1938) 646
MITSCHERLICH, Eilhard (1794—1863) 272, 317, 320, 330, 363, 367—368, 455
MITTAG-LEFFLER, Magnus Gösta (1846—1927) 58, 640
Modena 21
MÖBIUS, August Ferdinand (1790—1868) 28, 29, 32, 34, 46, 48, 51, 177
MÖBIUS, Karl August (1825—1908) 431
MÖLLER, Alfred (1860—1922) 430
MOHL, Hugo von (1805—1872) 409, 439, 467, 471, 477
MOHR, Georg (1640—1697) 38
MOHS, Friedrich (1773—1839) 378
MOIGNO, François (1804—1884) 70, 71
MOIVRE, Abraham de (1667—1754) 91
MOLDENHAWER, J.H.D. (1766—1827) 408
MOLIEN, Theodor E. (1861—1941) 28
MOLISH, Hans (1856—1937) 470
MOLLIARD, Marin (1866—1944) 468, 478
Monaco 434
MONGE, Gaspard (1746—1818) 33, 34, 45, 47—48, 53, 57, 202, 272, 279
MONGEZ, Antoine (1747—1833) 565—566
Mongolii 659
MONIEZ, Romain-Louis (1852—1936) 430
MONNERET, Jules (1810—1868) 602, 605
MONOD, H.Ch. (1843—1911) 607
MONRO, Alexander, sec. (1733—1817) 585
MONRO, Alexander, ter. (1773—1859) 585
MONTEIRO, Xavier de (+ 1776) 670
MONTELIUS, Gustav Oscar (1843—1921) 570
MONTESQUIEU, Charles de (1689—1755) 517
MONTI, Virgilio (fl. 1850) 276
Montlhéry 205
Montmartre 183, 382, 514
Montpellier 322, 584
Montreal 379
Moravia 559
MOREL, Benedict A. (1809—1873) 600
MORGAN, Augustus de (1806—1870) 31, 32, 57, 63
MORGAN, Thomas Hunt (1866—1945) 424, 535, 541
MORLEY, Edward W. (1838—1923) 131, 184, 199, 268
MORSE, E.S (fl. 1880) 681
MORSE, Samuel (1791—1872) 142, 236, 257
MORTENSEN, H.C.C. (1858—1921) 424
MORTILLET, Adrien de (1855—?) 571
MORTILLET, Gabriel de (1821—1898) 571—574
MORTON, William Th. G. (1819—1868) 581
MOSANDER, Carl Gustav (1797—1858) 369
Moscova 416, 494, 646
MÖSELEY, Henry N. (1844—1891) 434
MOSSO, Angelo (1846—1910) 488—490, 597
MOSSOTTI, Fabrizio (1791—1863) 211, 231, 247
MOUCHEZ, Amiral Ernest (1821—1892) 145
MOUREY, C.V. (fl. 1828) 66
MOURRAILLE, J. Raymond (1720—1808) 24
Moustier (Le) 571
MOUTIER, François (n. 1881) 601
MOUTON, Jean-Louis (1844—1895) 173
MÜGGE, Otto (1858—1932) 361
MÜLLER, Sir Ferdinand von (1825—1896) 450
MÜLLER, Fritz [JOHANN F. TH.] (1821—1897) 539, 555
MÜLLER, Gustav (1862—1906) 154
MÜLLER, Hermann (1829—1883) 414
MÜLLER, Johann H.J. (1809—1875) 181
MÜLLER, Johann Karl A. (1818—1899) 448
MÜLLER, Johannes (1801—1858) 409, 421, 434, 486—487, 488, 584, 588, 603, 636
MÜLLER, Peter Erasmus (1840—1926) 436

MÜNSTER, Georg (1776—1844) 383, 422
MÜNTZ, Achille (1846—1917) 468, 475
MUHAMED AL II-LEA, sultan (1430—1481) 662
MULDER, Gerard Jan (1802—1880) 474, 639
München 136, 174, 527, 534, 603, 607
MUNIER-CHALMAS, Ernest (1843—1903) 387, 536
MUNK, Hermann (1839—1912) 489, 494
MUNK AF RÖSENSCHÖLD, Peter S. (1804—1866) 256
Munții Stîncoși 526
MURCHISON, Charles (1830—1879) 601—602
MURCHISON, Sir Roderick (1792—1871) 375, 382, 396
MURRAY, John (1778—1820) 275
MURRAY, Sir John (1841—1914) 373, 434
MUSGRAVE-CLAY, R. de (fl. 1879) 599
MUSSET, Charles (fl. 1880) 457
Musulmane (țările) 657—666
MUTHMANN, Friedrich W. (1861—1913) 368
MUTSUHITO, împărat (1852—1912) 679
MUYBRIDGE, Eadweard (1830—1904) 178
Muzeul de istorie naturală: — din New York 379, 416
— din Paris 375, 384, 391, 416, 486

NAEGELE, Franz Karl (1778—1851) 585
NAEGELI, Karl (1817—1891) 409, 439—441, 448, 472, 477, 545, 548, 557, 562
Nancy 494
Napoli 434
NAPOLEON I — v. Bonaparte
NARR, Friedrich G. (1844—1893) 275
NASH, Leonard K. 311
NASSE, Christian F. (1778—1851) 579
NATHORST, Alfred G. (1850—1921) 384
NATIVELLE, C. Adolphe (1812—1899) 605
NATTERER, Konrad (1860—1901) 270, 279
NAUDIN, Charles (1815—1899) 555, 561—562
NAUMANN, Edmund (fl. 1880) 680
NAUMANN, Karl F. (1797—1873) 356, 368
NAUNYN, Bernard (1839—1925) 595, 602
NAVAȘIN, Serghei (1857—1930) 547
NAVIER Henri (1785—1836) 30, 112, 113, 115, 123
Neanderthal 568
NEEDHAM, John Turberville (1713—1781) 544
NEES von ESENBECK, Christian (1776—1856) 545
NEHRING, Alfred (1845—1904) 437
NEISSER, Albert (1855—1916) 593
NÉLATON, Auguste (1807—1873) 606
NEPER [John NAPIER of MERCHISTON] (1550—1617) 662, 677
NEPVEU, Gustave (1841—1903) 429
NERNST, Walther (1864—1941) 260—261, 270, 289
NETTER, Arnold (1855—1936) 600, 605
NEUBURGER, Max (1868—1955) 663
Neuchâtel 572, 639
NEUGEBAUER, Joseph (1705—1759?) 670
NEUMANN, Carl G. (1832—1925) 27, 30, 74, 238
NEUMANN, Franz E. (1798—1895) 235, 238, 245, 253, 275, 356, 363
NEUMAYR, Melchior (1845—1890) 401
NEWBERRY, John Strong (1822—1892) 397
NEWCOMB, Simon (1835—1909) 50, 60, 143, 146, 161, 655
Newhaven 156
NEWLANDS, John A. (1838—1898) 324
New Mexico 425
NEWTON, Sir Isaac (1643—1727) 9, 10, 12, 24, 52, 93, 121, 134, 138, 150, 159, 172, 185, 189, 194, 206, 218, 235, 237, 273, 306, 307, 361, 499
New York 397, 604
NEYRENEUF, Vincent (1841—1903) 206
NGUYÊN, dinastie 673
NGUYÊN-TRÃI (1380—1442) 672
NGUYÊN-TRƯỜNG-TÔ (1828—1871) 671
NICHOLLS, Frank (1699—1788) 534
NICHOLS, Ernest (1869—1924 140
NICHOLSON, Henry A. (1844—1899) 423
NICHOLSON, William (1753—1815) 215, 275
NICOL, William (1768?—1851) 181, 373, 396
NIEMEYER, Felix von (1820—1871) 599
NIEPCE, Nicephore (1765—1833) 178
NIEPCE, de SAINT-VICTOR, Abel (1805—1870) 178
Niger 451
NIGHTINGALE, Florence (1820—1910) 606
Ningpo 675
NITZE, Max (1848—1906) 603
NOBBE, Friedrich (1830—1922) 474
NOBEL, Alfred (1833—1896) 640
NOBERT, Friedrich A. (1806—1881) 176
NOBILI, Leopoldo (1784—1835) 173, 489
NOBLE, H.R. (sec. XIX—XX) 200
NOCARD, Edmond (1850—1903) 593, 606
NÖRRENBERG, Johann G. (1787—1862) 181
NÖTHER, Max (1844—1921) 52
NOLLET, Jean-Antoine (1700—1770) 261
NORDENSKIÖLD, Adolf Erik (1832—1901) 640
Normandia 381, 395, 520

NORTHMORE, Thomas (1766—1851) 279
Norvegia 23, 49, 395
Noua Zeelandă 396, 437
NUTTALL, Thomas (1786—1859) 423, 428
NYLANDER, William (1822—1899) 448
NYST, Henry J.P. (1813—1880) 383

OBERHAÜSER, Georg (1798—1869) 409
OBERMEIERE, Otto (1843—1873) 459, 594
Occident. — v. Europa Occidentală
Oceania 14
Odessa 490
ODIER, Louis (1748—1817) 586
OERSTED, Hans Christian (1777—1851) 122, 169, 192, 217, 243, 271, 279, 290, 314, 639
Ohio 522
OHM, Georg Simon (1787—1854) 122, 169, 201, 223—225, 234, 239, 258
OKEN, Lorenz (1779—1851) 408, 416, 503, 632
OLBERS, Heinrich W.M. (1758—1840) 156, 158
OLIVEIRA, Euzebio Paulo de (1882—1939) 399
OLIVER, Daniel (1830—1916) 451
OLLIVIER, Auguste (1833—1894) 603
OLLIVIER, Charles P. (1796—1845) 588
OLMSTED, Denison (1791—1859) 156
OLZEWSKI, Carol Stanislav (1846—1915) 270, 280, 293, 641
OMALIUS D'HALLOY, Jean-Baptiste J.d' (1783—1875) 375, 383, 394
OMORI, Fusakichi (1868—1923) 680
ONIMUS, Ernest (1840—1915) 415
OPPEL, Carl Albrecht (1831—1865) 386
OPPENHEIM, Paul (1863-?) 423
OPPOLZER, Johann von (1808—1871) 585
OPPOLZER, Theodor von (1841—1886) 156
ORBIGNY, Alcide d' (1802—1857) 386—387, 389, 398, 422
ORCEL, Jean 181, 186, 318, 336, 380, 455
ORD, William (1834—1902) 602
ORÉ, Cyprien (1828—1890) 598
ORFILA, Mathieu J.B. (1787—1853) 587
ORIANI, Barnaba (1752—1832) 157
ORTMANN, Arnold (1863—1927) 437
Oslo 379, 640
OSLER, Sir William (1849—1919) 598, 600
Ostende 434
OSTWALD, Wilhelm (1853—1932) 260, 304
Ottawa 379
Otoman — V. Turcia
OUDEMANS, Anthonie C. (1858—1943) 534
OUDIN, Paul (1851—1923) 596
Ouro Preto 399
OVERTON, Charles Ernest (1865-?) 472
OWARE, 451
OWEN, Sir Richard (1804—1892) 424, 505—508, 523, 527, 535, 555, 593
Oxford 377, 382, 400, 637, 662
OZEREȚKOVSKI, Nicolai I. (1750—1827) 644

Pacific 433, 553, 650
PACINI, Filippo (1812—1883) 597
PACINOTTI, Antonio (1841—1912) 227
PACKARD, Alpheus (1839—1905) 432, 435
PADOA, Alessandro (1868—1937) 32
PAGET, Sir James (1814—1899) 594
PAINLEVÉ, Paul (1863—1933) 53, 70
Palermo 143, 144, 157
Palestina 659
PALISOT DE BEAUVOIS, Ambroise de (1752—1820) 451
PALISSY, Bernard (1510?—1889) 463, 512
PALLADIN, Vladimir I. (1859—1922) 469
PALLAS, Piotr Simion (1741—1811) 421, 513, 644
PALMÉN, Johan Axel (1845—1897) 424
Palomar (munte) 161
PANCERI, Paolo (1833—1877) 435
PANDER, Christian H. (1794—1865) 539
PANIZZA, Bartolomeo (1785—1867) 585
PAPPUS, din Alexandria (sec. IV) 35, 51
PAQUELIN, Claude-André (1836—1905) 606
Paris 18, 19, 75—77, 90, 116, 136, 145, 205, 240, 321, 377, 396, 401, 416, 422, 453, 457, 489, 516, 550, 559, 567, 572, 575, 580, 584, 587, 591, 596, 607, 632, 641
PARKER, Peter (1804—1888) 675
PARKES, Alexander (1819—1876) 607
PARKINSON, James (1755—1824) 583
Parma 378
PARRISH, Joseph (1779—1840) 584
PARROT, Jules. M. (1839—1883) 604
PARRY, Cabeb H. (1755—1822) 602
PARSONS, William V. Rosse, lord.
PARTSCH, Paul M. (1791—1856) 378
PASCAL, Blaise (1623—1662) 33, 36
PASCH, Moritz (1843—1930) 36, 49
PASTEUR, Louis (1822—1895) 12, 14, 181, 336, 344, 359, 363—364, 368, 406, 418, 455, 468, 473, 477, 548, 591, 608
Patagonia 398, 531
PATOUILLARD, Narcisse (1854—1926) 447
PATRY, M.J. (fl. 1863) 598
PAUL, Constantin (1824—1893) 591, 605

Pavia 212, 412, 587, 598, 606
PAVLOV, Ivan Petrovici (1849—1936) 13, 488, 490, 494, 608, 646
PAVY, Frederick W. (1829—1911) 600
PAYEN, Anselme (1795—1871) 344, 411, 468
PAYER, Jean-Baptiste (1818—1860) 441
PEACOCK, (fl. 1828) 428
PEACOCK, George (1791—1858) 31, 32, 62, 637
PEALE, Charles W. (1741—1827) 522
PÉAN, Jules E. (1830—1898) 590
PÉAN DE SAINT-GILLES, Léon (1832—1863) 340
PEANO, Guiseppe (1858—1932) 32, 33, 70, 71
PEARSON, Alexander (1780—1874) 675
PEARSON, Karl (1857—1936) 88, 89, 92, 95
PECK, Charles (1833—1917) 450
PEIRCE, Benjamin (1809—1880) 25, 28, 655
PEIRCE, Charles Sanders (1839—1914) 28, 32
Pekin 674, 667, 678
PELLET, Auguste (1848—1935) 207
PELLETIER, Joseph (1788—1842) 345, 477, 586
PELOUZE, Jules (1807—1867) 468, 492
PELTIER, Jean (1785—1845) 538
PENCK, Albrecht (1858—1945) 393
PENDER, Sir John (1815—1896) 249
PENFIELD, Samuel L. (1856—1906) 379
Pensylvania (Universitatea din) 522
PERCY, Pierre-F. (1754—1825) 581
PERKIN, Sir William H. (1838—1907) 414
PÉROCHE, Jules (1820—1913) 388
PÉRON, Alphonse (1834—1908) 396
PÉRON, François (1775—1810) 433
PEROT, Alfred (1863—1925) 184, 283
PERREIRA DA COSTA. V. Costa
PERRIER, Edmond (1844—1921) 552
PERRIN, Jean (1870—1942) 99, 263, 283, 635
PERROT, François-Louis (1865—1949) 206, 283
PERRY, Matthew C. (1794—1858) 679
Persia 658, 659
PERSOON, Christiann H. (1755—1837) 446
PERSOZ, Jean-François (1805—1868) 344, 468
Peru 379, 398, 450
Pesta 640
PETER, Michel (1824—1894) 592, 598
PETERS, Christian A.F. (1806—1880) 147, 160
PETERS, Wilhelm C.H. (1815—1883) 423
Petersburg 68, 335, 379, 453, 490, 632, 643
PETRU CEL MARE (1672—1725) 643
PETIT, Alexis (1791—1820) 269—270, 289, 317
PETIT, Marc-Antoine (1760—1840) 582
PETROV, Vasili V. (1761—1843) 646
PETTENKOFER, Max von (1818—1901) 597, 607
PETTERSSON, Sven Otto (1848—1941) 295
PETZVAL, Josef M. (1807—1891) 177
PFAFF, Johann Friedrich (1765—1825) 55, 72
PFEFFER, Wilhelm (1845—1920) 294, 463, 472—473, 479
PFEIFER (fl. 1880) 414
PFEIFFER, Richard (1858—1945) 595
PFLÜGER, Eduard F.W. (1829—1910) 468, 488—489
PHAM-PHÚ-THÚ (1820—1881) 671
Philadelphia 653
PHILIBERT, chirurg francez (sec. XVIII) 670
PHILIPPS, Édouard (1821—1889) 114
PHILLIPS, John Arthur (1822—1887) 375, 383
PHILLIPS, William (1773—1828) 356
PIAZZI, Giuseppe (1746—1826) 143, 157
PIC, F. Adrien (1863—1925) 602
PICARD, Casimir (1806—1841) 566
PICARD, Émile (1856—1941) 53, 70, 71, 72, 196
Picardia 550
PICCARD, Auguste (n. 1884) 200
PICK, Friedel (1867—1926) 598
PICKERING, Edward Ch. (1846—1919) 138—140, 154—155, 166
PICOT, Jean-Joseph (1839—1916) 605
PICTET, Raoul (1842—1929) 173, 270, 297
PICTET DE LA RIVE, François-J. (1809—1872) 422, 527
PIDOUX, Hermann (1808—1882) 585
PIERI, Mario (1860—1904) 32, 44
PIETTE, Édouard (1827—1906) 573
PILSBRY, Henry A. (1862—?) 422
PINARD, Adolphe (1844—1934) 607
PINEL, Philippe (1745—1826) 14, 481, 576
PINEL, Scipion (1796—1859) 583
PIRES, Sebastiano (+ 1726) 670
PIRI-REÏS, amiral (+ 1554) 665
PIROGOV, Nicolai I. (1810—1881) 581, 590
PISANI, Félix (1831—1920) 369, 375
PISSIS, Pierre (1812—1889) 399
PITTORE (fl. 1830) 565
PIVETEAU, Jean 380, 381, 398, 407, 421
PIXII, Nicolas-Constant (1776—1861) 227
PIZON, Antoine (1860—1942) 486
PLANCHON, Jules-Émile (1823—1888) 429—430

PLANCK, Max (1858—1947) 120, 253, 289, 301, 304
PLANTÉ, Gaston (1834—1889) 223
PLATTNER, Karl F. (1800—1858) 369
PLAYFAIR, John (1748—1819) 393
PLENCK, Joseph von (1738—1807) 603
PLEISSIS-GOURET, du (fl. 1885) 436
PLÜCKER, Julius (1801—1868) 36, 49, 52, 176
POGGENDORFF, Johann Christian (1796—1877) 271
POGSON, Norman R. (1809—1891) 153
POINCARÉ, Henri (1854—1912) 13, 42, 44, 51, 60, 69, 71, 74, 82, 96, 102, 123, 128, 162, 193, 248
POINSOT, Louis (1777—1859) 90, 117
POIRIER, Paul-Julien (1853—1907) 596
POISEUILLE, Jean-Léon (1799—1869) 113, 491—492
POISSON, Siméon-Denis (1781—1840) 22, 60, 61, 80, 89, 114, 121—125, 188, 193, 203, 223, 238, 275
POLAK, Gabriel b. Isaac (sec. XIX—) 658
POLLENDER, Franz (1800—1879) 459
Polonia 270, 280, 640
POLSTORFF, L. (fl. 1880) 473
POLYA, George (n. 1887) 96, 98
POMEL, Auguste (1821—1898) 396
PONCELET, Jean-Victor (1788—1867) 34, 42, 46, 52, 114, 281
POND, John (1767—1836) 141
PONTIN, Magnus-M. (1781—1858) 313
POPOV, Alexandr Stefanovici (1859—1905) 257, 646
PORTAL, Antoine (1742—1832) 585
PORTIER, Paul (n. 1866) 608
Portugalia 395, 437, 659
POTAIN, Pierre-Ch.-E. (1825—1901) 594
POTIER, Alfred (1840—1905) 199
POTONIÉ, Henry (1857—1913) 449
Potsdam 146, 154
POUCHET, Félix (1800—1872) 457
POUILLET, Claude-S. (1790—1868) 165, 225, 269, 279, 290
Pouilly-le Fort 461
POULETT SCROPE, G.H. — V. Scrope
POYNTING, John H. (1852—1914) 122
Praga 61, 146, 378, 411, 599,
PRAIN, Sir David (1857—1944) 451
PRANDTL, Ludwig (1875—1953) 114
PRANTL, Karl (1849—1893) 446
PRATT, John Henry (1809—1871) 398
PRAVAZ, Charles (1791—1853) 592
PRAZMOWSKI, Adam (1853—1920) 476
PRENANT, Auguste (1861—1927) 597
PRESL, Carl B. (1794—1852) 449
PRESTWICH, Sir Joseph (1812—1896) 384, 401, 566
PRÉVOST, Benedict (1755—1819) 548
PRÉVOST, Constant (1787—1856) 390, 392
PRÉVOST, Jean-Louis (1790—1850) 538, 599
PRÉVOST, Pierre (1751—1839) 297
PRIANICINIKOV, Dimitri (1865—1948) 477
PRICE, Richard (1723—1791) 97
PRIESTIEY, Joseph (1733—1804) 11, 219, 223, 463, 477
Princeton 652
PRINGSHEIM, Alfred (1850—1941) 64
PRINGSHEIM, Ernst (1859—1917) 301
PRINGSHEIM, Nathanaël (1823—1894) 448, 546—548
PRINSEP, James (1799—1840) 271
PRITCHARD, Charles (1808—1893) 139
PRJEVALSKI, Nicolai M. (1839—1888) 450
PROCHASKA, Georg (1749—1820) 490
PROCTOR, Richard A. (1837—1888) 152
PRONY, Gaspard-C.-F.-Marie RICHE de (1755—1839) 60
PROST, P.-A.P. (+1832) 582
PROUHET, Pierre (1817—1867) 60
PROUST, Achille-A. (1834—1903) 606
PROUST, Louis (1754—1826) 309
PROUT, William (1785—1850) 324
Provence 391
PRUNER-BEY, Franz (1808—1882) 607
Prusia 635, 653
PTOLEMEU, Claudiu (sec. II) 153
PUGH, Evan (1828—1864) 475
PUISEUX, Pierre-Henri (1855—1928) 162
PUISEUX, Victor (1820—1883) 52, 74
PUISSANT, Louis (1769—1843) 45
Pulkovo 133, 136, 143, 146, 148, 645
PULUJ, Johann (1845—1918) 204
PURKINJE, Jan Evangelista (1787—1869) 409, 414, 588, 641
PUTNAM, Joseph D. (fl. 1877) 430
Pirineii 374, 390, 395, 451, 457, 523

QADI ZĀDE AR'RŪMĪ (1357—1412) 661
QUATREFAGES DE BRÉAU, Armand de (1810—1892) 434, 555, 568
QUÉLET, Lucien (1832—1899) 447
QUENSTEDT, Friedrich A. (1809—1889) 357, 383, 422
QUENU, Édouard (1852—1933) 591
QUETELET, Adolphe (1796—1874) 14, 19, 48, 51, 80, 432, 558
QUEVENNE, Théodore (1805—1855) 586
QUINCKE, Georg H. (1834—1924) 124, 205
QUINCKE, Henrich (1842—1922) 596
QUOY, Jean (1790—1869) 433

RAABE, Josef L. (1801—1859) 63
RAFINESQUE, Constant S. (1783—1840) 450
RAILLET, Alcide (1852—1930) 428
RAMEAU, Jean-Philippe (1683—1764) 202
RAMMELSBERG, Carl F. (1813—1899) 367
RAMÔN Y CAJAL, Santiago (1852—1934) 412
RAMSAY, Sir William (1852—1916) 326
RANKINE, Alexander O. (1881—1956) 200, 201
RANKINE, William J.M. (1820—1872) 270, 274
RANVIER, Louis-Antoine (1835—1922) 411, 414
RAOULT, François-Marie (1830—1901) 259, 295,342
RAPHSON, Joseph (1648—1715) 24
RAPS, August (1865—1920) 204
RASPAIL, François-Vincent (1794—1878) 415, 587
RATH, Gerhard von (1830—1888) 373
RATHKE, Martin H. (1793—1860) 434, 507, 509, 534
RAULIN, Jules (1836—1896) 474
RAUMER, Ernst von (fl. 1883) 474
RAY, John (1627—1705) 393
RAYER, Pierre (1793—1867) 584, 587
RAYLEIGH, John William STRUTT, lord (1842—1919) 60, 114, 200, 203, 301
RAYNAUD, Maurice (1834—1881) 589, 598
READE, Thomas Mellard (1832—1909) 392
RÉAUMUR, René-Antoine FERCHAULT de (1683—1757) 270, 420
RÉCAMIER, Joseph-Claude-A. (1774—1852) 581
RECLUS, Paul (1847—1914) 592
REDI, Francesco (1626—1697) 464
REECH, Frédéric (1805—1874) 126
REED, Walter (1851—1902) 593
REGIS, Emmanuel (1855—1918) 600
REGNAULT, Henri-Victor (1810—1878) 205, 269, 272, 277, 493
REGNAULT, Jean-Baptiste (1759—1836) 585
REHN, Ludwig (1849—1930) 592
REICH, Ferdinand (1799—1882) 116, 175
REICHENOW, Anton (1847—1915) 424
REICHERT, Karl (1811—1883) 411, 507, 509
REINACH, Salomon (1858—1930) 573
REINHARD, Vladimir V. (1850—1912) 419
REINHARDT, Benno (1819—1852) 599
REIS (fl. 1895) 591
REISET, Jules (1818—1896) 493
REMAK, Robert (1815—1865) 409, 414, 508, 586, 596, 603
RENARD, Alphonse F. (1842—1903) 369, 373
RENAUD, Henri-Paul-J. (1881—1945) 661, 663
RENAULT, Bernard (1836—1904) 384, 441, 449
RENDU, Henri (1844—1902) 601
RENEVIER, Eugène (1831—1906) 387
RENNER, Otto (1883—1960) 471
RENUCCI, Simon-François (fl. 1834) 593
REPSOLD, Johann (1838—1919) 142
RETZIUS, Gustaf (1842—1919) 412, 423
REUSCH, Friedrich E. (1812—1891) 361, 373
REVERDIN, Jacques-Louis (1842—1929)
Revoluția: — de la 1789: 18, 209, 394, 480, 578, 630, 633, 634 — de la 1848 587 — din Octombrie 1917: 646
REYE, Karl Th. (1838—1919) 36, 49
REYNAUD, Jean (1806—1863) 390
REYNAUD, Jean-Joseph (1773—1843) 578
REYNOLDS, Osborne (1842—1912) 113
RHODES, Alexandre de (1591—1660) 672
RIBAUCOUR, Albert (1845—1893) 56
RIBIERRE, Paul (1885—1927) 590
RICCI, Gregorio (1853—1925) 30
RICCI, Matteo (1552—1610) 675
RICHARD, L-Claude-M. (1754—1821) 449
RICHARDIÈRE, Henri-A. (1857—?) 601
RICHER, Jean (1630?—1696) 148
RICHET, Alfred (1816—1891) 596
RICHET, Charles (1850—1935) 597, 608
RICHMANN, Georg W. (1711—1753) 273
RICHTER, August G. (1742—1812) 309, 315
RICHTER, Hieronymus Th. (1824—1898) 175, 369
RICORD, Philippe (1800—1889) 582
RIDGWAY, Robert (1850—1929) 424
RIECKE, Eduard (1845—1915) 262
RIEMANN, Bernhard (1826—1866) 12, 22—24, 27, 29, 30, 41—44, 55—57, 62—64, 70, 73—76, 85, 86, 114, 238, 645
RIESS, Peter Th. (1805—1883) 365
RIGOLLOT, Marcel-J. (1786—1854) 566
RILEY, Charles V. (1843—1895) 430
RILLIET, Frédéric (1814—1861) 584, 587, 597, 605
RINNE, Fritz W.B. (1863—1933) 368
Rio de Janeiro 379
RIQUIER, Charles (1853—1929) 71
RISTORO D'AREZZO (sec. XIII) 393
RITCHIE, William (1790—1837) 227
RITTER, Johann W. (1776—1810) 173, 223, 257, 313
RITZ, Walter (1878—1909) 177
RIVA-ROCCI, Scipione (1863—?) 598
RIVERO, Mariano E. de (1795—1857) 399

RIVET, Gabriel (fl. 1880) 414
RIVIÈRE, Émile (1835—1922) 568, 573
ROBERT, César-Alphonse (1801—1862) 585
ROBERTS, Sir Williams (1830—1899) 608
ROBERTSON, Argyll (1837—1909) 600
ROBIN, Charles (1821—1885) 584, 587
ROBIQUET, Pierre-Jean (1780—1840), 586
ROCH, Gustav (1839—1866) 52
ROCHARD, Jules (1819—1896) 582
ROCHOUX, Jacques-André (+1852) 583
Rodos 660
RODRIGUES, Olinde (1794—1851) 54
ROEMER, Karl F. (1818—1891) 383
ROEMER, Olaüs (1644—1710) 141
RÖNTGEN, Wilhelm C. (1845—1923) 197, 268, 275, 596, 609
ROGER, Georges (1860—1910) 595
ROGER, Henri-Louis (1809—1891) 579, 585, 597
ROGERS, Henry D. (1808—1866) 375
ROGNETTA, Francesco (1800—1857) 587
ROKITANSKY, Carl von (1804—1878) 604
ROLANDO, Luigi (1773—1831) 585
ROLLAND, Georges (1852—1910) 396
ROLLO, John (+1809) 468
Roma 378
România 395, 641
ROMBERG, Moritz H. (1795—1873) 590
ROMÉ DE L'ISLE, Jean-Baptiste (1736—1790) 356, 366, 370
ROOZEBOOM, Hendrik W. Bakhuis (1854—1907) 368
ROSA, Daniele (1857—1944) 557
Roscoff 434
ROSE, Gustav (1798—1873) 356, 367, 368
ROSENBUSCH, Karl (1836—1914) 374
ROSENHAIN, Johann (1816—1887) 69
ROSS, Sir James Clark (1800—1862) 433
ROSS, Sir John (1777—1856) 433
ROSS, Sir Ronald (1857—1932) 428
ROSSE, Lord [WILLIAM PARSONS] (1800—1867) 135, 152
ROSSI, Giovanni (1801—1853) 582
ROSTAN, Léon (1790—1866) 583
ROSTAND, Jean 519
Rostock 415
ROTH, Santiago (fl. 1890) 532
Rouen 457
ROULLIER, Carl Franţevici (1814—1858) 646
ROUSSEL, Théophile (1816—1903) 598
ROUX, Émile (1853—1933) 460, 592, 606
ROUX, Jean-Charles (1872—1942) 596
ROUX, Wilhelm (1850—1924) 415, 540
ROWLAND, Henry A. (1848—1901) 138, 176, 249, 276, 652
ROXBURGH, William (1751—1815) 450
oyal College of Chemistry 638
Royal Institution 225, 312, 400, 637
Royal Society 185, 214, 227, 256, 633, 652
ROYER, Clémence (1830—1902) 555
ROYER-COLLARD, Pierre-Paul (1763—1845) 575
ROZIÈRE DE LA CHASSAGNE (sec. XVIII) 577
RUBENS, Heinrich (1865—1922) 255
RUBNER, Max (1854—1932) 597
RUDBERG, Fredrik (1800—1839) 273
RUDOLPH, Paul (1858—?) 180
RUDOLPHI, Carl A. (1771—1832) 420, 428
RUE, Warren DE LA. — V. De la Rue
RÜTIMEYER, Ludwig (1825—1895) 437, 526
RUFFINI, Paolo (1765—1822) 22, 24, 638
RUFZ, DE LAVISSON, Étienne (1806—1884) 472
RUMFORD, Benjamin THOMPSON, conte de (1753—1814) 118, 272, 275, 631
RUMOVSKI, Stepan Y. (1734—1812) 644
RUNGE, Carl (1856—1927) 176
RUSCONI, Mauro (1776—1849) 538
RUSSELL, Bertrand (1872—1968) 32
RUSSELL, Edward Stuart (n. 1887) 509
RUSSEL, Henry Norris (1877—1939) 156
Rusia 12, 20, 34, 40, 226, 324, 379, 395, 423, 450, 488, 528, 582, 590, 600, 627, 632, 643—646, 659
RUTHERFORD, Daniel (1749—1819) 270
RUTHERFORD, Sir Ernest (1871—1937) 257
RUTHERFURD, Lewis M. (1816—1892) 138, 176
RYDBERG, Janne (1854—1919) 176

SACCHERI, Girolamo (1667—1733) 39, 41
SACHS, Julius von (1832—1897) 439, 441, 449, 472, 477
SACQUÉPÉE, Ernest (1874—1944) 607
SAGERET, Augustin (1753—1852) 559
Sahara 396
Saigon 671
SAINSON, Camille (sec. XIX-XX) 672
Saint-Acheul 571
Saint-Andrews 434
SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Charles (1814—1876) 364, 375
SAINTE-CLAIRE DEVILLE, Henri (1818—1881) 269, 271, 324, 326, 368—369, 375, 635
Saint-Germain 573
SAINT-HILAIRE, Auguste de (1779—1853) 450
SAINT-JOSEPH, Anthoine de (fl. 1890) 430
Saint-Louis 453

SAINT-PHILIPPE, Léon Rousseau (fl. 1870) 605
SAINT-SIMON, Henry de (1760—1825) 9
SAINT-VENANT, Adhémar BARRÉ DE (1797—1886) 28, 60, 114, 123, 126
SALADIN, sultan 1137—1193) 659
Salerno 657
SALM-HORSTMAR, Wilhelm (1799—1865) 474
SALMON, George (1819—1904) 26, 47
Salpêtrière (spitalul din) 576, 601
Samarkand 657, 661
SANA, R.P. (+1725) 670
SAND, René (1877—1953) 607
SANDBERGER, B.E.F. Guido (1821—1869) 383
SANDBERGER, Karl L. Fridolin von (1826—1898) 383, 384
San Francisco 416
Santander 573
SAPORTA, Gaston de (1823—1895) 384, 441
SAPPEY, Marie-Philibert (1810—1896) 596
SARASIN, Édouard (1843—1917) 252
SARGENT, Charles-S. (1841—1927) 453
SARS, Michael (1805—1869) 420, 434, 538, 640
SARS, Ossian Georg (1837—1927) 420, 640
SAUSSURE, Horace-Bénédict de (1740—1799) 173, 278, 297
SAUSSURE, Théodore de (1767—1845) 463, 466, 472, 477
SAUTUOLA, Marcelino de (+1888) 573
SAVART, Félix (1791—1841) 217
SAVARY, Félix (1797—1841) 150, 241
SAVIGNY, Jules-César de (1777—1851) 421
Saxa 116, 372, 377, 572, 639
SCACCHI, Arcangelo (1810—1893) 366
Scandinavia 19, 379
SCARPA, Antonio (1747?—1832) 585
SCHAEBERLE, John M. (1853—1924) 160
SHAH ROUKH MIRZĀ (+1447) 662
SCHALL, Johann A. (1591—1666) 676
SCAUDINN, Fritz R. (1871—1900) 426, 533
SCHEEL, Karl (1866—1936) 272
SCHEELE, Carl W. (1742—1786) 173
SCHFFERS, Georg W. (1866—1945) 28, 57
SCHELLING, Friedrich W.J. (1775—1854) 408, 503
SCHEUCHZER, Johann J. (1672—1733) 516
SCHEURER-KESTNER, August (1833—1899) 270
SCHIAPARELLI, Giovanni (1835—1910) 156, 163
SCHIFF, Moritz (1823—1896) 490
SCHIMPER, Andreas F.W. (1856—1901) 411, 452
SCHIMPER, Karl Friedrich (1803—1867) 439
SCHIMPER, Wilhelm Ph. (1808—1880) 384, 448
SCHLÄFLI, Ludwig (1814—1895) 19, 50, 639
SCHLEGEL, Hermann (1804—1884) 424
SCHLEGEL, Victor (1843—1905) 29
SCHLEIDEN, Matthias Jakob (1804—1881) 409, 439, 545, 588
SCHLIMER (sec. XIX) 658
SCHLOESING, A. Théophile (1856—1930) 476
SCHOLOESING, J.-J.-Théophile (1824—1919) 476
SCHLOTHEIM, Ernst F. (1764—1832) 384, 422
SCHMARDA, Ludwig K. (1819—1908) 436
SCHMERLING, Philippe Ch. (1791—1836) 565
SCHMIDEL, Casimir Ch. (1718—1792) 545
SCHMIDT, Georg G. (1768—1837) 277
SCHMIDT, Julius (1825—1884) 162
SCHNEIDER, Anton F. (1831—?) 420
SCHÖNBEIN, Christian F. (1799—1868) 369
SCHÖNFELD, Eduard (1828—1891) 144
SCHÖNFLIES, Arthur (1853—1928) 359
SCHÖNLEIN, Johann L. (1793—1864) 459, 594
SCHOUW, Joachim F. (1789—1852) 452
SCHREBER, Johann (1739—1810) 448
SCHRÖDER, Ernst (1841—1902) 32
SCHRÖTER, Carl (1855—1925) 433
SCHRÖTER, Heinrich (1829—1892) 35
SCHRÖTER, Johann H. (1745—1816) 162
SCHUBERT, Hermann (1848—1911) 37
SCHÜBLER, Thomas (1787—1834) 473
SCHÜLLER, Max (1843—1907) 604
SCHULTZE, J. Friedrich (1848—1934) 660
SCHULTZE, Max (1825—1874) 415, 419
SCHULTZE, Oskar (1859—1920) 541
SCHULTZE, Ernst A. (1840—1912) 477
SCHULTZE, Franz F. (1815—1873) 415
SCHULTZE, Johann H. (1687—1744) 173
SCHUMACHER, Heinrich Ch. (1780—1850) 67
SCHUNCK, Edward (1820—1903) 478
SCHUR, Friedrich (1856—1932) 28, 83
SCHUSTER, Sir Arthur (1851—1934) 263
SCHUSTER, Maximilian (1856—1887) 368
SCHWABE, Heinrich (1789—1875) 163
SCHWANN, Theodor (1810—1882) 409, 456, 459, 487, 588
SCHWARZ, Hermann Amandus (1843—1921) 56, 74
SCHWARZSCHILD, Karl (1873—1916) 152
SCHWEIGGER, Johann (1779—1857) 223

SCHWEIKART, Ferdinand K. (1780—1857) 40
SCHWEINFURTH, Georg A. (1836—1925) 451
SCHWEINITZ, Lewis D. von (1780—1834) 450
SCHWENDENER, Simon (1829—1919) 441, 452, 470
SCHWERD, Friedrich M. (1792—1871) 135
SCLATER, Philip L. (1829—1913) 436
SCOTT, Dukinfield (1854—1934) 449
Scoţia 387, 395, 637
SCROPE, George J. Poulett (1797—1876) 375, 392
SCUDER, Samuel (1837—1911) 423
SÉBILEAU, René (1860—1953) 596
SECCHI, Angelo (1818—1878) 155, 163
SECENOV, Ivan M. (1829—1905) 488, 490, 646
Secesiune (războiul de) 648, 653—654
SEDWWICK, Adam (1785—1873) 382, 390
SÉDILLOT, Charles (1804—1883) 592
SÉDILLOT, Louis (1808—1875) 658, 662
SÉE, Germain (1818—1896) 599, 601, 605
SÉE, Thomas J.J. (1866—?) 150
SEEBECK, August (1805—1849) 181
SEEBECK, Thomas Johann (1770—1831) 173
SEEBER, Ludwig A. (1793—1855) 83
SEEBOHM, Henry (1832—1895) 431
SEEGEN, Joseph (1822—?) 606
SÉGLAS, Louis (1856—1939) 600
SEGRE, Corrado (1863—1924) 49, 50, 53
SEGRE (fl. 1880) 602
SEIDEL, Philipp L. (1821—1896) 64
SELDOVITZ (fl. 1895) 592
SELENKA, Emil (1842—1902) 538
SELLING, Eduard (1834—1920) 83
SELLMEIER, W. (fl. 1870) 255
SELOUS, Edmund (1858—1934) 424
SELYS-LONGCHAMP, Edmond de (1813—1900) 420
SEMMELWEIS, Ignaz Ph. (1818—1865) 582, 590, 640
SEMPER, Karl (1832—1893) 431, 437, 511
SÉNARMONT, Henri HUREAU de (1808—1862) 275, 362, 364, 372, 376
SÉNEBIER, Jean (1742—1809) 463, 465, 477, 481
SERGENT, Emile (1867—1943) 603
SERRES, Étienne-R.-Augustin (1786—1868) 504, 582
SERRES, Olivier de (1539—1619) 463
SERRET, Joseph-Alfred (1819—1885) 33, 55, 82
SERTÜRNER, Friederich W. (1783—1841) 345, 586
SÉRULLAS, Georges-S. (1774—1832) 586
Serviciul internaţional de latitudini 146
SERVOIS, François-Joseph (1767—1847) 31, 38
Sevastopol 434
SEVERI, Francesco (n. 1879) 37, 52
SEVERINI, Carlo (1872—1951) 71
Sevilla 660
SEYDEWITZ, Franz (1807—1852) 35
SEWALL, Henry (fl. 1887) 423
SHARPEY, William (1802—1880) 490
SHAW, George (1751—1813) 431
SHERRINGTON, Sir Charles Scott (1859—1952) 488, 494
SHIGA, KIOYOSHI (n. 1870) 606
SHRYOCK, Richard H. 580, 607
SHUFELT, Robert (1850—1934) 424
Siam 668
Siberia 512, 513, 648, 660
SIEBERT, Jan (1708—1745) 670
SIEBOLD, Carl Th. Ernst von (1804—1885) 420, 534, 538
SIEDLECKI, Michel (1873—1940) 426, 533, 535
SIEMENS, Werner von (1816—1892) 227, 271
SILBERMANN, Jean-Th. (1806—1865) 273, 283
Silezia 607
SILLIMAN, Benjamin (1779—1864) 400, 665
SILLIMAN, Benjamin Jr. (1816—1885) 665
SIMART, Georges (1846—?) 53
SIMON, Gustav (1824—1876) 590
SIMONY, Friedrich (1812—1896) 436
SIMPSON, George Gaylord (n. 1902) 522
SIMPSON, Sir James Young (1811—1870) 581—582, 585
SIMS, Marion (1813—1883) 590
Singapore 677
SISMONDA, Angelo (1807—1879) 364
SIU KUANG-K'I, Paul (1562—1633) 677
SKODA Josef (1805—1871) 579
SLAMENSKI, Carl (+1747) 670
SMITH, Frederick (1806?—1879) 420
SMITH, Henry John S. (1826—1883) 52, 82
SMITH, Sidney Irving (1843—1826) 432, 436
SMITH, Theobald (1859—1934) 429
SMITH, William (1769—1839) 382, 395, 636
SMITHSON, James (1765—1829) 650
Smithsonian Institution 379, 416, 651
SMOLUCHOWSKI, Maryan (1872—1917) 99
Societatea — de agricultură din Melun 453; — germană de fizică 302; — americană de fiziologie 491; — din Arcueil 634; — de biologie 587; — de chimie din Londra 347; — elveţiană de ştiinţe naturale 632, 639; — de fizică din Berlin 487

Societăţile — de chimie 347; — de geologie 400; — de matematici 18; — de zoologie 421—422
Societatea Linneană 415, 554, 637
SOEMMERING, Samuel Th. (1755—1830) 579
SOHNCKE, Leonhard (1842—1896) 359, 364
Solenhofen 423, 424
SOLIMAN AL II-LEA Magnificul [SULEIMAN], sultan (1494—1566) 665
SOLMS-LAUBACH, Hermann (1842—1915) 441
Solutré 571
SOLVAY, Ernest (1838—1922) 639
SONDER, Otto W. (1812—1881) 451
SONDHAUSS, Karl (1815—1886) 206
Sorbona 61, 488—489
SORBY, Henry Clifton (1826—1908) 374—375
SORGE, Georg Andreas (1703—1778) 205
SOUBEIRAN, Eugène (1793—1858) 581, 586
SOULEYET, François-L. (1811—1852) 433
SOUTHARD, Samuel L. (1787—1842) 650
SOWERBY, James (1757—1822)
SOWERBY, James de CARLE (1787—1871) 422
SPALLANZANI, Lazzaro (1729—1799) 538
Spania 164, 378, 395, 431, 434, 437, 528, 659
SPASSKY, W. (fl. 1838) 181
SPENCER, Herbert (1820—1903) 432
SPENCER, Leonard J. (1870—1959) 377
SPENCER, Walter G. (1857—1940) 607
SPENGEL, Johann W. (1852—1921) 421
SPIX, Johannes B. von (1781—1826) 504
SPÖRER, Gustav (1822—1896) 163
SPRENGEL, Christian Conrad (1750—1816) 473, 534
SPRUCE, Richard (1817—1893) 450
STACKHOUSE, John (1742—1819) 447
STAHEL, Ernst (n. 1896) 200
STAL, Carl (1833—1878) 420
STANNIUS, Friedrich (1808—1883) 420
STARK, James (fl. 1830) 431
STARLING, Ernst H. (1866—1927) 490
STAS, Jean-Servais (1813—1891) 324
Statele Unite ale Americii 20, 24, 142, 164, 179, 379, 397, 416, 423, 435, 483, 485, 491, 524, 627, 636, 641, 648
V. de asemenea America.
STAUDT, Christian von (1798—1867) 35, 36
STEENSTRUP, Japetus (1813—1897) 434, 536
STEFAN, Josef (1835—1893) 275, 299
STEFFEN, Hans (1865—1936) 398
STEINACH, Eugen (1862—1944) 534
STEINDACHNER, Franz (1834—1919) 423
STEINER, Jakob (1796—1863) 19, 26, 35, 38, 48, 52, 639
STEINHEIL, Carl A. (1801—1870) 136, 139, 153, 179
STEINMANN, J.H. Conrad (1856—1929) 399
STEJNEGER, Leonhard (1851—1943) 423
STÉNON [Niels STEENSEN] (1638—1687) 370
Stettin 606
STEUDEL, Ernst G. (1783—1856) 454
STEVIN, Simon (1548—1620) 661
STIELTJES, Thomas-Jan (1856—1894) 62, 75
STILL, Sir George F. (1860—1941) 604
STILLING, Benedict (1810—1879) 414
STIRLING, William (1851—1932) 488
STIZENBERGER, Ernest (1827—1895) 448
Stockholm 176, 314, 367, 379, 412, 639
STOKES, Sir George G. (1819—1903) 29, 60, 64, 175, 197, 242
STOKES, William (1804—1878) 584
STOKLASA, Julius (1857—1936) 469
STOLL, Maximilian (1742—1787) 577
STOLZ, Otto (1842—1905) 44
STONEY, C. Johnstone (1826—1911) 259
STONEY-MASKELYNE, Mervyn (1823—1911) 377
STOUFF, Xavier (1861—1903) 83
Strasbourg 322, 489, 575
STRASBURGER, Eduard (1844—1912) 449
STRAUCH, Alexander (1832—1893) 423
STRAUS, Isidore (1845—1896) 601
STREHLKE, Friedrich (1797—1886) 207
STRENG, J. August (1830—1897) 369
STRICKER, Salomon (1834—1898) 345, 605
STROMEYER, Friedrich (1776—1835) 369
STROMEYER, Georg (1804—1876) 581
STRUVE, Friedrich Georg Wilhelm (1793—1864) 133, 136, 143, 147, 150
STRUVE, Otto (1819—1905) 143, 148, 150
STUDY, Eduard (1862—1930) 28
STURM, Charles (1803—1855) 24, 60, 73, 206, 639
STURM, Johann Ch. (1635—1703) 270
STURM, Rudolf (1857—1923) 49
Stuttgart 596
Suabia 385
Suateu 675
Suedia 58, 312, 384, 387, 428, 434, 448, 488, 570, 640
SUENSSON (fl. 1820) 290
SUESS, Eduard (1831—1914) 392, 399, 402, 422, 437
SULZER, Johann G. (1720—1777) 213
Sumatera 449
SUN YAT-SEN (1866—1925) 675, 679

SURELL, Alexandre (1813—1887) 393
Suresnes 183
SUTTON, Henry G. (1837—1891) 598
SWANN, Harry K. (1871—1926) 423
SYDENHAM, Thomas (1624—1689) 583
SYLOW, Ludwig (1832—1918) 23
SYLVESTER, James Joseph (1814—1897) 24—26, 28
SYME, James (1799—1870) 590
Siria 659—660
Sangai 663—667

Școala de antropologie din Paris 572, 635
Școala de medicină (Paris) 633—634
Școala de mine din Berlin 377;—din Paris 329, 377, 400; — din Petersburg 630
Școala normală superioară (Paris) 18, 455, 457, 461, 635
Școala politehnică (Paris) 18, 34, 45, 53, 60, 77, 78, 80, 272, 633; — federală (Zürich) 639
Școala practică de înalte studii (Paris) 635
Școala de mine (conducere și știință) 635

TAINE, Hippolyte (1828—1893) 497
Taiping (Statul) 676
TAIT, Peter G. (1831—1901) 27, 29, 57, 110
TAIT, Robert Lawson (1845—1899) 590
TAKAMINE, Jôkichi (1854—1922) 493
TALAMON, Charles (1850—1929) 593, 595, 604
TALBOT, William H.F. (1800—1877) 175, 178
TAMERLAN, [TIMOR LANG] (1336—1405) 662
TAMMANN, Gustav (1861—1938) 276
TANAKA, Shohei (1862—1945) 207
TANNERY, Jules (1848—1910) 22, 80
TANQUEREL DES PLANCHES, L.T. (1809—1862) 605
T'AN SSEU-T'ONG (1865—1898) 669
TARHANOV, Ivan R. (1848—1909) 490
TARDIEU, Ambroise (1818—1879) 605, 606
TARNIER, Stéphane (1828—1897) 590
TARTAGLIA, Niccolo (1500?—1557) 38
TARTINI, Giuseppe (1692—1770) 205
Tartu V. Derptum
TASSIN, Wirt de Vivier (1869—1915) 379
TAURINUS, Franz A. (1794—1874) 40
TAYLOR, Brook (1685—1731) 65
TCHANG TCHE-TONG (1837—1909) 678
TEMPORAL, Jean (sec. XVI) 665
TENNANT, Smithson (1761—1815) 369
TEOFILATO, Pietro (1879—1952) 70
TEREKOVSKI, Martin M. (1740—1796) 644
TERMIER, Pierre (1859—1930) 395
TERQUEM, Alfred (1831—1887) 202
TERREIL, C. August (1828—1899) 369
TERRENTIUS [Johann SCHRECK] (1576—1630) 670
TERRIER, Félix (1837—1908) 591
TERRILLON, Octave (1844—1895) 591
TESLA, Nikola (1856—1943) 257, 641
TESTUT, Jean Léo (1849—1925) 568, 596
TÉTRY, Andrée 380, 410, 594, 608
THACKRAH, Ch. Turner (1795—1833) 587
THAER, Albrecht (1752—1828) 464
THÉNARD, Paul (1777—1857) 313, 316, 634
THEOBALD, Frederick V. (1847—1929) 593—594
THERING, H. von (fl. 1898) 430
THIERCELIN, Émile (+1934) 593, 604
TIERSCH, Carl (1822—1895) 591
THILORIER, Charles-Saint-Ange (1797—1852?) 279
THIRRIA, Charles E. (1796—1868) 383
THOMAS, Phillippe (1843—1910) 396
THOME, John M. (1843—1908) 144
THOMPSON, Sir Benjamin. — V. Rumford
THOMPSON, J. Vaughan (1779—1847) 435
THOMSEN, Christian J. (1788—1865) 570
THOMSEN, Julius (1826—1909) 287, 340
THOMSON, Charles Wyville (1830—1882) 422, 434
THOMSON, James (1822—1892) 260, 270
THOMSON, Sir Joseph J. (1856—1940) 262—264, 267
THOMSON, Thomas (1773—1852) 310
THOMSON, Thomas (1817—1878) 450
THOMSON, Sir William [Lord KELVIN] (1824—1907) 30, 51, 60, 74, 110, 119, 124, 169—170, 211, 231—232, 240—246, 270, 277, 284, 292, 388
THRELFALL, Sir Richard (1861—1932) 414
THUILLIER, Louis-Ferdinand (1856—1883) 592
THUNBERG, Carl Peter (1743—1828) 640
THURET, Gustave (1817—1875) 448
THURMANN, Julius (1804—1855) 383
THYSELTON-DYER, William T. (1843—1929) 451
TIHOMIROV, Alexandr A. (1850—1931) 535
Tiflis 645
TILLAUX, Paul (1834—1904) 596
TIMIREAZEV, Klement A. (1843—1920) 468
Timur V. Tamerlan
TIMURIDĂ, dinastie 662
TING KONG-TCHEN (fl. 1850) 677
Tîrgu Mureș 40
TISSERAND, Eugène (1830—1925) 162
TITIUS [Johann Daniel TIETZ] (1729—1796) 157—158

TÖPLER, August (1836—1912) 204
TOKUGAWA, dinastie 670
Tokyo 680
Toledo 657
TOLMAN, Richard Ch. (1881—1948) 250
TOLOZAN (sec. XIX) 658
TOMASCHEK, Rudolf (n. 1895) 200
TOMLINSON, G.A. (sec. XX) 200
Tonkin 670
TONNELAT, Marie-Antoinette 118, 183
TORREY, John (1796—1873) 450
TORRICELLI, Evangelista (1608—1647) 78
Torino 378
TOUCHARD, François (fl. 1864) 605
Toulouse 596
Touraine 671
TOURNAL, Paul (1805—1872) 565
TOURNEFORT, Joseph PITTON DE (1656—1708) 443
TRABUT, Louis (1853—1929) 451
TRAUBE, Ludwig: (1818—1876) 598, 589, 605
TRAULLÉ, Laurent (1758—1829) 565—566
TREMBLEY, Abraham (1710—1784) 419, 536
TRENDELENBURG, Paul (1884—1931) 591
TRESSE, Arthur (1868—1958) 71
TREUB, Melchior (1851—1910) 453
TREVIRANUS, Ludolf Ch. (1779—1864) 405, 408, 439, 451, 464, 472
Trinil 569
TROMMER, Carl August (1806—1879) 595
TROMSDORFF, Johann B. (1770—1837) 313
TROOST, Louis (1825—1911) 271
TROUSSEAU, Armand (1801—1867) 579, 580, 589, 599, 604, 605
TROUTON, Frederick Th. (1863—1922) 200
TRYON, George W. (1838—1888) 422
TSAI KUO-HIANG (fl. 1860) 677
TSCHERMAK, Erich von (1871—1937) 563
TSCHERMAK, Gustav (1836—1927) 367, 373, 378
TSCHERNING, Anton Fr. (1795—1874) 570
TSENG KUO-FAN (1811—1872) 676
TSUBOI, S. (fl. 1900) 681
TSWETT, Michael (1872—1920) 478
TU-DUC, împărat de Annam de la 1848 pînă la 1883: 673
Tübingen 635
TUÊ-TĨNH (sec. XIV) 671
TUFFIER, Théodore (1857—1929) 591—592
TUKE, Samuel (1784—1857) 587
TULASNE, Charles (1817—1884) 442, 447, 548
TULASNE, Louis-René (1815—1885) 442, 447, 548
Tunis 660
Tunisia 396, 451, 665
Turcia 657, 660
TURNER, Edward (1798—1837) 369
TURPIN, Jean-François (1775—1840) 408
TWINING, Alexander C. (1801—1884) 156
TYLER, John (1790—1862) 651
TYNDALL, John (1820—1893) 206

Țările de Jos 19, 60, 270, 395, 435, 572, 639
Țara Galilor 395
Țiolkovski, Constantin E. (1857—1935) 646

Ucraina 659
ULUGH BEG (1394—1449) 657, 661
Ungaria 378, 641, 660
Universitatea Jagelonă (Cracovia) 640
Universitatea Johns Hopkins 665
Universitatea Yale 400—401, 416, 529, 655, 675
UNGER, Franz (1800—1870) 384, 411, 545
UNNA, Paul G. (1850—1929) 603
Uppsala 176, 640
URBAIN AL II-LEA, papă (+1099) 659
URSPRUNG, Alfred (n. 1876) 471
Utah 398
Utrecht 639

VACCA, Giovanni (1872—1953) 32
VACHET, Bénigne (1641—1720) 670
VAILLANT, Léon (1834—1914) 423
VAILLARD, Louis (1850—1935) 606
Val de Grâce: (spital) 459, 589, 606
Valencia 641
VALENTIN, Gabriel-G. (1810—1883) 409, 414
VALENTIN, Jean (1867—1897) 399
VALENTINE, William (+1884) 545
VALLEIX, François (1807—1855) 583
VAN BEEK, Albert (1787—1856) 219
VAN BENEDEN, Édouard (1846—1910) 410, 421, 539, 547
VAN BENEDEN, Pierre-Joseph (1809—1894) 420, 428, 434, 593
VANDERMONDE, Alexandre (1735—1796) 21, 272
VAN DER VAALS, Johannes (1837—1923) 120, 270, 290—292, 639
VAN DER WAERDEN, Bartel L. (n. 1903) 37
VAN DEYL, Harmanus (1738—1809) 180
VAN ERMENGEN Émile-P.-M. (1851—1932) 593
VAN HELMONT, Jean-Baptiste (1577—1644) 270, 463
VAN SWIETEN, Gerard L.B. (1700—1772) 577

VAN'T HOFF, Jacobus Henricus (1852—1911) 181, 260, 261, 270, 294, 336, 340, 342, 368, 469, 639
VAN TIEGHEM, Philippe (1839—1914) 440, 447, 449, 549
VANUXEM, Lardner (1792—1848) 383
VAQUEZ, Louis-H. (1860—1936) 598
VARLEY, Cornelius (1781—1873) 545
VARLEY, Cromwel F. (1828—1883) 256, 261
VASCO DA GAMA (1450—1525) 665
VASSEUR, Gaston (1855—1915) 394
Varșovia 640
VAUCHER, Jean-Pierre (1765—1841) 447
VAUQUELIN, Nicolas-Louis (1763—1829) 366, 368
VÉLAIN, Charles (1845—1925) 399
VELASCO, Juan de (1727—1819) 523
VELLA, Luigi (1825—1886) 489
VELPEAU, Alfred (1795—1867) 585
VELTMANN, Wilhelm (1832—1902) 199
Venezuela 398, 450
Veneția 504
VERBIEST, Ferdinand (1623—1688) 676
VERDI, Giuseppe (1813—1901) 208
VERGUIN, Emmanuel Charles (1814—1864) 339
VERHULST, Pierre-François (1804—1849) 432
VERNADSKI, Vladimir I. (1863—1945) 645
VERNEUIL, Aristide (1823—1895) 604
VERNEUIL, Édouard POULLETIER DE (1805—1873) 376
VERONESE, Giuseppe (1854—1917) 44
VERRILL, Addison (1839—1926) 432
VESQUE, Julien (1848—1895) 452, 472
VESSIOT, Ernest (1865—1952) 72
Vezuviu 392
VIALLETON, Louis (1861—1930) 507
VICQ d'AZYR, Félix (1748—1794) 495, 499
VIDAL, Émile (1834—1926) 601
VIDAL CARRERAS, Luis M. (1842—1922) 528
Viena 125, 179, 402, 425, 454, 488, 489, 579, 581, 584, 587, 591, 604, 640
VIERORDT, Karl (1818—1884) 487
Vietnam 628, 668—673
VIEUSSEUX, Gaspard (1746—1814) 538
VIGUIER, Camille (1850—1930) 536
VIJDOVSKÝ, František (1849—1939) 411
VILLE, Georges (1824—1847) 474
VILLEMIN, Jean-Antoine (1827—1892) 589, 592, 599
VILLERMÉ, Louis (1782—1863) 587
Vilnius 644
VINCENT, Jean Hyacinthe (1862—1950) 593, 594
VINOGRADSKI Serghei (1856—1953) 474—475
VIOLLE, Jules (1841—1923) 172, 283
VIRCHOW, Rudolf (1821—1902) 409, 411, 460, 487, 488, 569, 584, 588—589, 593, 602, 603, 607
Virginia 522
VIVANTI, Giulio (1859—1949) 32
VIVIAN, Edward (fl. 1840) 565
VÖCHTING, Hermann von (1847—1917) 441
VOGEL, Hermann K. (1841—1907) 149, 150, 156
VOGELSANG, Hermann (1836—1874) 373
VOGT, Karl (1817—1895) 508, 538
VOIGT, Wilhelm (1850—1920) 30, 202
VOIT, Carl von (1831—1908) 597
VOLKENS, Georg L. A. (1855—1917) 452
VOLTA, Alessandro (1745—1827) 11, 169, 209, 213—215, 219, 229, 234, 261, 272, 305, 489, 638
VORONIN, Mihail S. (1838—1903) 476, 549
VO-VƯƠNG, rege de Annam (a domnit de la 1738 pînă la 1765) 673
VRIES, Hugo de (1848—1935) 88, 294, 411, 469, 471, 472, 639
VŨ HỮU (sec. XVI) 672
VULPIAN, Alfred (1826—1887) 486, 594, 599
VƯƠNG-HỮU-HÒE (sec. XVIII) 673

WAAGE, Peter (1833—1900) 340, 640
WAAGEN, Wilhelm H. (1841—1900) 386, 422
WACHSMUTH, Fridrich R. (1868—1941) 275
WAGNER, Moritz (1813—1887) 432
WAGNER, Nicolaus (1818?—1907) 535
WAGNER, Rudolph (1805—1864) 538
WALCOTT, Charles D. (1850—1927) 388, 423
WALDEYER, Wilhelm (1836—1921) 411—412, 603
WALFERDIN, François-H. (1795—1880) 270
WALLACE, Alfred Russel (1823—1913) 432, 436, 442, 449, 554
WALLACE, William (1768—1843) 38
WALLACE, William (1791—1837) 582
WALLER, Augustin Volney (1816—1870) 596
WALLER, Johann von (1811—1880) 599
WALLERANT, Frédéric (1858—1936) 360—361
WALLERIUS, Johan G. (1709—1785) 370, 464
WALLICH, Nathaniel (1786—1854) 450
WALLIS, John (1616—1703) 49

WANTZEL, Pierre-Laurent (1814—1848) 37, 84
WARBURG, Emil (1846—1931) 207
WARD, Harry M. (1854—1906) 549
WARD, Henry Baldwin (1865—?) 428, 436
WARING, Eduard (1734—1798) 24, 85
WARMING, Eugenius (1841—1924) 448, 452
WARREN, John (1796—1852) 66
WARREN, John Collins (1778—1856) 581
WASHINGTON, George (1732—1799) 648
Washington 379, 416, 649, 650
WASMANN, Erich (1859—1931) 430
WATSON, William (1715—1787) 261
WATT, James (1736—1819) 118, 277
WEBER, Eduard Friedrich W. (1806—1871) 586
WEBER, Ernst Heinrich (1795—1878) 202, 204, 206, 586
WEBER, Heinrich (1842—1913) 24, 85
WEBER, Heinrich Friedrich (1843—1912) 289
WEBER, Sir Hermann D. (1823—1918) 599
WEBER, Max (1852—1937) 435, 535
WEBER, Wilhelm Eduard (1804—1891) 169, 194, 202, 204, 206, 233, 236—238, 242, 245, 250
WEBSKI, Christian (1824—1886) 366
WEDDELL, Hugh A. (1819—1879) 524
WEDDLE, Thomas (1817—1853) 48
WEDGWOOD, Emma (+ 1896) 553
WEDGWOOD, Josiah (1730—1795) 173, 271
WEICHSELBAUM, Anton (1845—1920) 593, 605
WEIERSTRASS, Karl (1815—1897) 12, 19, 64, 69, 71, 73, 75—77
WEILL, Edmond (1858—1924) 604
WEINGARTEN, Julius (1836—1910) 55
WEISMANN, August (1834—1914) 436, 535
WEISS, Christian S. (1780—1856) 355, 359
WEITBRECHT, Josias (1702—1747) 124
WELCH, Francis H. (1839—1910) 598
WELDON, Walter F.R. (1860—1906) 88, 94, 95
WELLS, Horace (1815—1848) 483, 581
WELLS, Thoms Spencer (1818—1897) 590
WELWITSCH, Friedrich (1807—1872) 451
WENZEL, Karl Friedrich (1740—1793) 310, 321
WERNER, Abraham Gottlob (1750—1817) 370, 372, 374, 377, 382, 389, 399
WERTHEIM, Ernst (1864—1920) 591
WERTHEIM, Guillaume (1815—1861) 206, 207
WESSEL, Caspar (1745—1818) 66
WEST, Charles (1816—1898) 604
WESTERMAIER, Maximilien (1852—1903) 470
WESTPHAL, Carl (1833—1890) 600
WHEASTONE, Sir Charles (1802—1875) 175, 182, 256
WHEELER, William (1865—1937) 433
WHEWELL, William (1794—1866) 357
WHITEHEAD, Alfred North (1861—1947) 32
WHITMAN, Charles O. (1842—1910) 432
WHITNEY, Josiah D. (1819—1896) 375
WHYTT, Robert (1714—1766) 490
WIDAL, Fernand (1862—1929) 594
WIEDEMANN, Gustav (1826—1894) 274
WIEFERICH, A. (fl. 1909) 86
WIEGMANN, A.J.F. (1771—1853) 473
WIEN, Wilhelm (1864—1928) 203, 270, 299—301
WIENER, Christian (1826—1896) 38
WIENER, Hermann (1857—1939) 36
WIGHT, Robert (1796—1872) 450
WILBERFORCE, episcopul Samuel (1805—1873) 555
WILCKE, Johan Carl (1732—1796) 273
WILDE, Henry (1833—1919) 227
WILFARTH, Hermann (1853—1904) 476
WILHELMY, Ludwig Ferdinand (1812—1864) 340
WILKES, amiral Charles (1801—1877) 142, 650
WILLAN, Robert (1757—1812) 584, 603
WILLDENOW, Charles L. (1765—1812) 449, 551
WILLEMOES-SUHM, Rudolph von (1845—1875) 434
WILLEY, Arthur (1867—) 421
WILLIAMS, Francis H. (1852—?) 596
WILLIAMS, Henry Shaler (1847—1918) 388
WILLIAMSON, Alexander W. (1824—1904) 332—334
WILLIAMSON, William Crawford (1816—1895) 384, 441, 449
WILLSTÄTTER, Richard (1872—1942) 474
WILSON, Alexander (1766—1813) 423
WILSON, Edmund B. (1856—1939) 541
WILSON, Harold Albert (1874—?) 197
WIMAN, Anders (1865—1959) 52
WINKELMANN, Adolph (1848—1910) 275
WINSLOW, Jacques Bénigne (1669—1760) 542
WINTER, Justin (fl. 1895) 601
WINTERL, Jacob J. (1732—1809) 313
WISER, David F. (1802—1878) 378
WISTAR, Caspar (1761—1818) 522
WITHAM, Henry (1779—1844) 373
WÖHLER, Friedrich (1800—1882) 329, 339, 343
WOEIKOFF, Alexandre I (1846—1916) 452

WÖLFLER, Anton (1850—1917) 591
WOILLEZ, Eugène (1811—1882) 584, 598
WO-JEN (+ 1871) 678
WOLF, Rudolf (1816—1893) 163
WOLF, Theodor (1841—1924) 399
WOLFF, Emil von (1818—1896) 474
WOLFF, Kaspar Friedrich (1773—1794) 539
WOLLASTON, William Hyde (1766—1828) 137, 190, 243, 356, 366, 369
WOOD, Albert Beaumont (n. 1890) 200
WOOD, Alexander (1817—1884) 592
WOODHOUSE, Robert (1773—1827) 62
Woods-Hole 434
WORSAAE, Johan J.A. (1821—1885) 570
WORTH, Charles (fl. 1837) 587
WROBLEWSKY, Szygmunt F. (1845—1888) 270, 280, 293, 641
WRONSKI, Höené (1778—1853) 25
WUNDERLICH, Karl (1815—1877) 589
WUNDT, Wilhelm Max (1832—1920) 488
WURTZ, Charles-Adolphe (1817—1884) 317
Würzburg 588
Wusih 677
WYLIE, Alexander (1815—1887) 677
WYROUBOFF, Grégorie N. (1843—1913) 368

Yangstze 675, 677
YARRELL, William (1784—1856) 421
Yedo 679
Yemen 660
YEU HO-TCH'UAN (+ 1850) 675
Yerkes 136
YERSIN, Alexandre (1863—1943) 461, 593, 606
York 653
YOUNG, Charles A. (1834—1908) 167
YOUNG, Thomas (1773—1829) 121, 124, 174, 184, 188, 282, 585, 636
YU TCHANG (sec. XIX) 672
YVON, VILLARCEAU, Antoine (1813—1883) 48

ZACH, Franz Xaver von (1754—1832) 133, 157
ZADOC-KAHN, Léon (1870—1943) 602
Zagreb 641
ZAHN, Friedrich W. (1845—1904) 589
ZAKĪ, Sālih (fl. 1911) 662
ZEEMAN, Pieter (1865—1943) 196, 198, 233, 268, 639
ZEHNDER, Ludwig A. (1854—?) 184
ZEIDLER (fl. 1895) 592
ZEILLER, René (1847—1915) 384, 399, 401, 441
ZEISS, Carl (1816—1888) 180
ZELINKA, Carl (1858—?) 419
ZELLER, Ernst (fl. 1875) 430
ZENON din Eleea (sec. V. î.e.n.) 77
ZENKER, Friedrich (1825—1898) 414, 593, 596
ZEUTHEN, Hieronymus G. (1839—1920) 51, 52
Zikawei 676
ZIMMERMANN, Johann G. (1728—1795) 576, 578
ZIRKEL, Ferdinand (1838—1912) 373
ZITTEL, Karl von (1839—1904) 422, 526
ZÖLLNER, Friedrich (1834—1882) 140, 154, 163
ZOJA, Raffaelo (fl. 1895) 415
Zoroastrieni 660
ZUEV, Vasili F. (1754—1794) 644
ZUCKERKANDL, Emil (1849—1910) 596
ZÜRCHER, Philippe E.F. (1853—1929) 395
Zürich 18, 78, 378, 387, 453, 488, 639

Index de noţiuni

Abel (teorema lui-) 50, 68—69
Aberaţia luminii 147, 191, 265
Absorbţie 137, 175; — atmosferică 154; — gazelor 470—472
Academii 630, 633—635, 637, 643—644, 648—649, 651, 653—655, 662
Acetilenă 339
Acheulean 571
Acid 305, 332; — acetic 322 — 323; — azotic 341; — clorhidric 319, 331, 341; — formic 322, 331; — fosforic 323; — organic 322; — oxalic 339; — polibazici 323, 332; — racemic 325; — salicilic 345, 605; — sulfhidric 279; — sulfuric 332—333, 341, 345; — tartric 325, 336, 363, 413
Acorduri 202
Acromatism, lentile acromatice 179, 180, 409
Acţiune — la distanţă 234, 240, 250; — maselor (legea) 340; — moleculară 123; — şi reacţiune 218
Actualism 390
Acustica 169, 201—208, 487
Adaptare 510
Adjuncţie 28
Adrenalină 498
Aer 463, 606
Aerodinamică 646
Afinitate 287, 288, 305, 307—310, 312, 345, 360, 471
Aglutinare 608
Agricultură, agronomie 468, 473—476, 644, 649, 652
Albastru de metilen 345, 415
Albedo 163
Alcaline (metale-) 313, 324, 328
Alcooli 332, 335, 344
Aleatoare (entităţi, fenomene) 87—89, 91, 92, 100—102
Alembert (principiul lui d'-) 110, 130, 266
Alge 447, 545—547
Algebra 21—30, 662; — booleană 32; — liniară 24, 25, 47; — necomutativă 27
Alienaţi 576, 587
Alimente 586
Alizarină 339
Alternanţa generaţiilor 442, 536, 545—546
Amfibieni 504, 529, 534
Amfioxus 421, 541
Amibe 425, 428, 594
Amidon 468, 477
Amine 332, 339
Aminoacizi 474
Amoniac 319, 331
Amoniţi 386—387, 422
Ampère (ecuaţiile şi teoremele lui-) 192, 217—218, 219—223, 225—226, 234, 235, 243, 245, 250. V. şi curenţii moleculari ai lui-
Anaerobioză 456—457
Anafilaxie 608
Analiză — chimică 368, 373—374, 464; — geometrică 28; — matematică 59—86, 107, 641; — a sunetelor 201, 202, 204; — spectrală 137 — 139, 164, 169, 172, 175—177; — statistică (v. statistica); — tensorială 30; — vectorială 29, 655
Analysis situs 75
Analogi (teoria lor) 500, 515
Anatomie 480, 575, 675, 678; — comparată 351, 406, 407, 413, 418, 480, 486, 495—511, 513, 550; — umană 585, 587, 596; — patologică 579—580, 638; — topografică 596
Anestezie 345, 483, 581, 582, 591, 592, 603
Angiosperme 446, 546

Anhidridă sulfuroasă 279
Anilină 336, 414
Anofel 429, 594, 607
Anomalie optică 364
Anoploterium 515, 516, 530
Antenă 257
Anteridie 545, 548
Antibiotic 608
Antipirină 345
Antisepsie 345, 459, 591, 603
Antivenin 423
Antivitalism 469
Antrenarea eterului 190—191, 197—200, 253—255, 265—267
Antropologie 352, 564, 681
Apă 272, 278, 307, 316, 319, 331, 463—466; — circulația 470 — 472, 477; — termală 374
Apex 148
Apendicită 595
Aragonit 366, 368
Arc electric 217, 646
Arhegon 546
Arheologie preistorică 352, 564, 565, 570
Arheopterix 524
Arhetip (teoria lor) 504—506, 509, 510
Arici-de-mare 415, 535—536, 541
Aritmetizare 31, 71
Armonice 202
Arseniați 318, 330, 367
Arsenic 605
Artă preistorică 573—574
Articulate 503
Artropode 418, 420, 533, 535
Ascidii 421, 540, 542
Asepsie 591, 603
Aspirină 345, 605
Asteroizi 158
Astrofizică 137, 152
Astrograf 141, 145
Astrometrie 141
Astronomie 105, 133—166, 632, 643, 655, 662, 670, 678;— invizibilului 160, 161
Atomi, atomism, teoria atomică a materiei 10, 13, 98, 112, 127, 170, 230—234, 253, 258—260, 304—311, 316—317, 320, 321, 326—329, 334, 335, 343, 349, 631
Atomicitate 333
Atropină 345, 586, 592
Atracție 12, 124, 209
Auscultație 577, 578
Automatism 648
Auz 597
Avogadro (numărul lui — sau al lui Loschmidt) 259, 300—303
Avogadro-Ampère (ipoteza sau legea lui-) 260, 294, 306—308, 318, 319, 324, 342
Axiomatică, axiomatizare 30, 31, 36, 44, 253, 266
Azilian 571
Azot 279, 313, 324, 464, 466, 473—476, 492; — amoniacal 475; — liber 475, 476; — din ciclul 344, 476

Babinski (semnul lui-) 600
Bacili 458—460, 592, 599
Bacterii 345, 458—460, 474—477; — nitroase și nitrificatoare 475
Bacteriologie 457, 459, 476
Balneoterapie 607—608
Banda lui Möbius 47
Barometru 679
Bazidii 447
Bătăi 185, 202
Behaviorism 13
Bell-Magendie (legea lui-). V. Nervi rahidieni
Benzen 225, 337, 338
Bertholet (legile lui-) 308—309
Berzelius (teoria electrochimică a lui-). V. Dualistă (teoria-)
Bibliografie: — lucrări de referință 610—624, 641—642, 647, 656, 666—667, 678, 681; — reviste și culegeri bibliografice 18—19, 416, 630—631, 632—633, 636
Bicuaternioni 27
Biogenetică (legea fundamentală a lui Häckel) 421, 539—540
Biogeografie 451, 526
Biologie 170, 405—609, 630, 639, 644
Biometrie 87—89, 95, 558—559
Biot și Savart (legea lui-) 189, 190, 192, 217, 226, 235, 236, 245, 264
Birefringență 139, 180, 186, 190, 360—362; — electrică 249
Bismut 586, 596
Blagden (legea lui-) 275—276
Bolometru 140, 173, 257
Boltzmann (constanta, teoria lui-) 99, 300—304
Bor 474
Botanică 406, 439—454, 632, 639, 644, 663, 669, 670
Boyle-Mariotte (legea-) 260, 272, 274, 277, 279, 290, 291, 294, 302
Bravais (legea lui-) 359
Briofite 445, 448
Broască 212, 213
Bronzului (epoca-) 570, 668
Broussaissism 579, 580
Browniană (mișcare-) 99
Busola tangentelor 225, 236

Calcit 366, 368
Calciu 313, 474
Calcul — diferențial absolut 30; — geometric 27—29, 32, 44; — infinitezimal (V. și analiza matematică); — matriceal 25; — al probabilităților 87—102; — tensorial 29—30; — al variațiilor 120; — vectorial 28—29
Calea Lactee 151—153
Calefacție 278
Calendar 670, 681
Caloric 118, 119, 281, 282
Calorie 283
Calorimetru, calorimetrie 273—274
Cambrian 397
Cancer, cancerologie 577, 580, 585, 588, 601, 608
Cantitate de mișcare 108—109
Capacitate electrică 209
Capilaritate 60, 113, 124, 470—471
Caractere sexuale secundare 533—534
Caracteristică universală 31
Caracteristici (metoda -lor) 37
Carbonați 366, 376; — de calciu 318, 368
Carbon 330, 331, 324, 463—467, 473, 474, 477; — asimetric 336
Cardiologie 578—579, 583, 597—598, 608
Cariochineză 410, 411
Carnot — ciclul 284—286; — principiul lui- 119, 281, 282, 284, 285
Cascade (metoda -lor) 279
Castrare 533, 534
Cataclisme 382, 390
Cataliză 341, 344, 468, 474
Cataloage de stele 142—146, 147, 148, 153, 155
Catastrofism 382
Căldură, fenomene termice (și termodinamică) 169, 261—280; — animală 467, 483; — atomică 304; — de combustie 283; — moleculară 290; — radiantă (V. și radiație termică); — de reacție 288; — specifică 273, 289, 317; — vegetală 466, 467, 487, 492
Cărucior inductor 487
Cefalocordate 421
Celenterate 419, 422, 435, 536
Celor mai mici pătrate (metoda-) 157
Celulară (teoria-) 407, 409—410, 441, 538
Celulă 395—412, 469, 470 (v. și citologie)
Centru respirator 481, 482, 586
Cerebel 490
Ceres 158
Cer (v. Harta -lui).
Cercetare științifică 627, 629—641, 643—646, 651—652
Cestode 427
Chancelade (omul de la-) 568
Cheulean 570
Cheyne-Stokes (ritmul lui-) 597
Chimie 11, 12, 165, 169, 170, 305—352, 366—371, 455, 480, 491, 493, 632, 634, 636, 640, 651, 678; — agricolă 473—474, 636; — anorganică 305 — 326, 328, 339—342; — biologică 473, 492; — industrială 341—342, 345, 429, 630, 632, 636; — organică 170, 314, 322—323, 327—347, 473, 492, 636
Chimioterapie 345
Chinină 345, 429, 586
Chinchină 450, 664
Cîmp electromagnetic 12, 192—195, 196, 197, 217, 221, 230, 244—251, 259 (v. și Maxwell, ecuația, teoriile lui-)
Chirurgie 462, 581, 589—592, 608, 675; — nervoasă 600
Chopart-Strokes (legea-) 597
Ciclul — azotului 474—477; — Carnot 283—285; — lui Krebs 467
Ciclice (puncte-) 34
Cilindru înregistrator 492 (v. înregistrarea grafică)
Cinematografie 415, 484
Cinetică: — chimică 320, 330, 400; — energie (v. energie) — teoria -a materiei (v. și mecanica statistică)
Circulația — apei și a sevei 470—472; — gazelor 472; — a sîngelui 480, 488, 492
Circulator (aparat) 598
Citochimie 415
Citodiagnostic 596
Citologie 406, 409, 414, 537, 563, 641; — vegetală 410—411, 588
Citoscopie 603
Ciumă 593
Ciuperci 445, 447, 448, 459, 475, 545, 547—549, 594
Clasificare — botanică 442—450, 663; — chimică 320, 366—369; — cristalină 357, 359; — electrochimică 313—314; — geologică 382—383, 386; — litologică 371—374; — mineralogică 369—371; — naturală 510—511; — nosologică 576; — spectrală 155—156; — zoologică 413, 417, 418, 527
Climat 452
Clinică 575, 580, 581, 589
Clor 279, 312—314, 330
Clorofilă — funcție clorofiliană 465, 466—467, 477, 478
Cloroform 345, 483, 581, 585, 596
Coheror 257
Coeziune (teoria -ii) 471
Colaborare internațională 629—630, 632
Coloranți 339, 345, 346, 414, 415

Colorare: — tehnica-ii 410, 414, 415; — de protecție 431
Comete 156
Comensualism 430
Comportament 432
Compoziție (legea-) 27
Compresibilitate (a gazelor) 279, 289—292
Conductibilitate, conducție termică 238—239, 240, 273—274, 296, 365
Conductibilitate electrică 195, 253—254, 266, 296, 365
Conexiuni (principiul-lor) 499—501, 505—507, 510
Conferința generală de măsuri și greutăți 283, 285
Congelare 342
Congrese: — internaționale 18, 75, 191, 244, 387, 395, 401, 425, 453, 486, 571, 632, 640; — naționale 632, 633, 635, 637—639, 645, 653, 680
Congruențe 81
Conice 35, 47
Conifere 444, 546
Conservarea — electricității 209, 231; — energiei 242, 253, 281, 283, 302
Constantă: — dielectrică 246, 253—255; — solară 165
Construcții geometrice 37, 38, 45
Contagiune, contagiozitate 459, 599, 602
Continente- punți 400—402, 437
Continuitate 62; — principiul -ții 34, 36
Contracție: — în geologie 389—390, 392; — a lui Lorentz 196, 199—200
Convenționalism 128, 130
Convergența — seriilor 63, 64; — stochastică 92, 93; — uniformă 64
Coarde vibrante 61, 207
Coordonate 45—50; — axiale 48, 49; — curbilinii 54; — intrinsece 54; — omogene 26, 46
Corelație — matematică 24; — organice (principiul-lor-) 496—498, 500, 506, 509—511, 514; — statistică 89, 95
Corespondență (principiul de-) 37
Coriolis (accelerația lui-) 115—116, 129
Coroană solară 164
Corp — matematic 23, 28, 84, 85; — negru 253, 297—301
Corpusculară (teoria-) 186, 188
Coulomb (legea lui-) 121, 192, 209, 220
Cratere de ridicare 389—390, 391—393
Creație 381, 518—519; creații succesive 386
Creier 412, 482, 489—491, 493, 494
Creșterea: — cristalelor 366; — vegetalelor 478
Cretaceu 397—399
Criometrie 295—296, 470
Criptogame 446—448, 545—546; — vasculare 546
Cristalină (stare-) 276
Cristalografie 318, 354—361, 370 ,455
Cro-Magnon (omul de-) 568
Cromosferă 164
Cromozomi 399, 535, 561, 563
Cronofotografe 415
Cronografe 142
Cronologie 572
Cuadrice 45, 47
Cuantelor (teoria-) 190, 219, 244, 266, 268, 301, 303—304
Cuaternară (era-) 352, 387—388, 523, 564, 565, 567, 571—573
Cuaternioni 27, 29
Culturi pure 549
Cuplu termoelectric 172, 271 (v. și termopila)
Curbe — algebrice 45—48, 50—51, 52; — a lui Gauss 558; — unicursale 50
Cutremure de pământ 389
Curenți: — de deplasare 238, 246—247; — derivați 238; — electrici (v. electrodinamica); — moleculari 195, 211, 219—221, 237, 241, 243
Cvadratura cercului 37

Daghereotipia 140, 177—179
Dalton (legea lui-) 278
Darvinismul 533—556, 646 (v. și evoluție)
Deciziilor (teoria-) 89
Dedublarea cubului 37
Degradarea energiei 119—120, 281
Demografie 95 (v. populații)
Denitrificare 475
Densitatea vaporilor 320—321, 324
Dentiția 526
Deplasarea polilor 146—147, 388, 390
Derivabilitate 75
Dermatologie 577, 584, 603, 675
Desargues (triunghiurile omologe ale lui-) 36, 44
Descărcări în gaze rarefiate 250, 261—262
Descreșterilor (legea-) 354—356
Detector 257
Determinant 25, 26
Deviere-tip 558
Devierea spre est 116, 129
Diabet 595, 600, 606
Diagnostic 576
Diagrama lui Clapeyron 290
Diamagnetism 122, 232, 237, 365
Diastaze 344, 468, 597
Dicotiledonate 445
Dielectrici 122, 192, 197, 211, 230—232, 247, 266

Difracția — luminii 185, 188; — radiațiilor X 360
Difterie 579, 593, 604, 606
Difuzia: — căldurii (v. propagarea); — gazelor 306
Digestie, aparat digestiv 489, 494, 586, 601
Digitaline 586, 594, 605
Dilatare termică 271—272, 273—274, 279
Diluviană (teoria-) 381, 393
Diformism 368
Dinam 227, 280
Dinamică 109—110, 122, 129; — chimică 339
Diploidie 535, 537, 547
Dirichlet (principiul lui-) 74
Discordanță 386, 397
Disimetrie — celulară 456; — cristalină 12, 359—360, 363; — moleculară 336, 362, 455
Disociație electrolitică 259, 324, 342
Dispepsii 601
Dispersie — optică 181—182, 196, 253—255, 265; — statistică 88—89
Distanțe stelare 146
Distribuția: — animalelor 432—433; — stelelor 151; — superficială a electricității 209—210; — vitezelor (funcția lui Maxwell) 99, 100, 303; — vitezelor stelare 152
Diviziunea: — celulară 410, 547; — cercului 37
Dizolvare 293—294
Dominantă 560
Doppler-Fizeau (efectul-) 138, 173, 203, 300
Dozaj 324
Drojdie de bere 344
Dualistă (teoria lui Berzelius) 215, 331
Dualitate 34, 45
Dubla refracție (v. birefringența)
Dulong și Petit (legea lui-) 271, 289
Duritate 364

Ebulioscopie 296
Echilibru chimic 340
Echinoderme 419—420, 536
Echipartiția energiei 300, 302—304
Echivalența mecanică a căldurii 119, 120, 234, 249, 274, 275, 282—283, 498
Echivalenți 312, 316, 318, 320—323, 326
Ecologie 430—433, 437, 452
Ecran electric 210, 231
Ecuații — teoria-lor 21—24; — abeliene 23; — algebrice 21—24; — de gradul cinci 21—22 24, 69; — cu derivate parțiale 57, 69—72, 202—203; — diferențiale 69—72; — numerice 24
Efect (v. Doppler-Fizeau, Stark, Zeeman etc.)
Elasticitate 29, 30, 54—55, 98, 111—113, 203, 245; — a Pământului 146—147
Electricitate 10, 11, 60, 169, 212—268, 630—631, 639; — animală 212—214, 489
Electrocapilaritate 260—261
Electrocardiograf 608
Electroencefalogramă 607
Electrochimie 305, 312—314, 330
Electrocinetică 239—240
Electrodinamică 121—123, 194, 218—223, 226—227, 236—238, 246, 250
Electrofiziologie 487, 494
Electrofor 213
Electroliză, fenomene electrolitice 215, 229, 258—262, 313, 314—315, 328, 341
Electromagnet 222—223, 227—229
Electromagnetism 11, 122, 191—192, 200, 216—223, 225—238, 241—258, 267—268
Electromagnetică (teoria- a luminii) 169, 172, 193—200, 232—233, 246—255, 262—268, 296—297
Electrometru 213
Electronilor (teoria-) 195, 196, 200, 219—220, 233—234, 235, 250, 254—255, 258—259, 263—268, 296—297
Electrostatică 169, 191—192, 209—210, 224—225, 236, 240, 246; — mașină 212
Electroterapie 485
Elemente chimice 324, 326, 368—369
Elipsa lui Lamé 112
Embriogenie 418, 555
Embriologie 406, 407—408, 415, 439, 490, 506—508, 509—511, 527, 537—541, 550, 646
Enantiomorfie 363
Endocrinologie 483, 485, 493—494, 579
Energetică, energetism 98—99, 119—120, 122—123, 129—131, 238—239, 304, 340, 487; — biologică 486, 491—494
Energie 119—120, 122—123, 127, 130, 131, 246—247, 275, 281; — chimică 476—477; — cinetică 241; — electrică 246, 248; — fiziologică 343—344; — internă 282—283, 287—288; — liberă 287—289; — luminoasă 476—477; — magnetică 248; — mecanică 275, 487; — potențială 242; — radiantă 170, 296—297; — solară 282; — termică 487
Entalpie 288
Entomologie 418, 420
Entropie 12, 100, 286, 287, 304
Enzime 344, 468
Epidemii 606—608

Epigeneză 507
Ereditate 87, 88, 381, 411, 509—510, 542—543, 558—562, 563; — a caracterelor dobîndite 381, 551—553, 556—557
Ere geologice 382—388
Ergodică (teoria-) 102, 162, 303—304
Erorilor (teoria-) 87, 90, 91, 166
Eroziune 371, 393
Etaje geologice 383—384, 387, 573
Eteri 190—198, 238—239, 243, 246, 248
Eterosăruri — V. sulfurice
Eucaine 345
Euclid (postulatul lui-) 39—44
Eudiometru 213
Evoluției (teoria-) 87, 351, 381, 386—388, 405, 410, 413, 417, 442, 444—446, 451, 500—501, 507, 508—511, 519, 522—529, 530—532, 540—541, 548—557, 646, 681
Existenței (teorema —) 70—71

Facies 387, 390, 571
Familie — de elemente 324
Fanerograme 429, 444, 445, 469, 544, 547
Faraday — legile lui- pentru electroliză 215, 229—231, 258—262, 341; — teoria inducției a lui 122, 191—193, 226—229, 230—232, 234, 235, 247—248
Farmacie, farmacopee 14, 344—346, 522, 585—587, 663—665, 672—673
Faună 419—425; — lacustră 436; — marină 432—436
Fazelor (legea-) 341
Fechner (legea lui-) 139, 153, 255, 488
Fecundație 448, 537—538, 544—547
Fehling (reactivul lui-) 595
Feldspat 362, 367, 376
Fenol 345
Fenomenologie 244, 252—254
Fenotip 559
Ferigi 545
Fermat (teorema lui-) 83
Fermentație 344, 456—457, 467—469
Feromagnetism 232
Ficat 585, 588, 602
Fier 375—377, 474, 585—587; — epoca-lui 570, 668
Fierbere 259, 277
Filarioză 418, 420, 428, 593
Filogeneză, filogenie 417, 510, 526, 531, 539
Filotaxie 358—359, 440—442
Filozofia naturii 408, 439—440, 479, 486—487, 497, 499, 503—504, 507, 509, 520, 531, 635—636
Firului (școala -) 116
Fitogeografie 452
Fitopatologie 548
Fixare 411, 414
Fixism 381, 384, 501, 525, 550, 553
Fizico-chimie 259—262, 339—343, 484, 488, 639—640
Fiziologie — animală 343—345, 405—406, 480—494, 636, 645—646, 678—679; — generală 469, 481, 483—484; — nervoasă 487; — operatorie 488—489, 492—494; — senzorială 487; — umană 585—586, 587; — vegetală 343—345, 405—406, 463—479, 639
Fizică, științele fizice 105, 107, 118, 166, 169, 171—348, 480, 496, 629—630, 635—637, 638—640, 644, 650, 678; — matematică 28—29, 30, 54, 55, 59, 60, 73, 98, 105, 133, 170, 209, 269, 634, 655
Flogistic 313
Florii (teoria-) 440
Floristică 442, 449—451
Fluidă (stare -) 268
Fluidelor (mecanica-) 111—115, 120
Fluorescență 365
Flux — de forțe 210; — și reflux 282
Foliculii lui Graaf 538
Fonograf 207
Foraminifere 409
Formalizare 30, 32, 109
Forme 25—27, 47, 77—78; — diferențiale pătratice 27, 30, 47, 55; — fundamentale 35; — multiliniare 30; — pătratice 26, 81—84
Formule spectrale 175—177
Forța 108, 127—128, 130; — lui Lorentz 266; — vitală 344, 464, 470, 480, 484
Forțe: — chimice 313; — electrice 313; — vii 108, 242
Foucault — curenții lui 283; — pendulul lui 116—117
Fourier (seriile-) 59, 78, 114, 201—202, 296
Fosfați 318, 330, 367
Fosfor 276, 474
Fosforescență 365, 435
Fosile caracteristice 382, 387
Fotoelastimetrie 113
Fotoelectricitate 140, 258
Fotografie 166, 177—180, 415; — astronomică 140—141, 145, 178—179, 655
Fotoheliografie 141, 163
Fotometrie, fotometre 139, 140, 153—155, 163, 171—172
Fotosinteza clorofiliană 411, 477—479
Fracții zecimale 661
Frecare 113
Frecvențelor (poligonul-) 558
Fresnel — eterul lui 190—192, 194, 197, 198, 254, 265—267; — oglinzile lui 188
Frigului (industria-) 293

Ftizie 579, 592
Funcții: — teoria -lor 60—62, 72, 74; — abeliene 50—51, 69, 70; — algebrice 72; — analitice 72, 75—76; — automorfe 51; — continue fără derivată 75—76; — eliptice 22, 51, 67—69, 72—76; — gamma 70; — modulare 69; — de variabilă complexă 65—67, 73, 113; — zeta 85; — de distribuție a vitezelor a lui Maxwell 99, 302
Fundamentelor (problema-) 32, 43—45
Funcții biologice fiziologice (v. fiziologia și denumirea funcțiilor particulare)
Fungicide 549
Fuxină 339

Galaxie 150—152
Galiu 175
Galvanometru 219, 222, 227, 229, 489
Gameți 537—538
Gametofit 539
Gastraea (teoria-) 539
Gastroenterologie 608
Gay-Lussac — legea dilatării gazelor 260, 271—273, 276, 278, 294, 302; — legea volumetrică de combinare a gazelor 307—309
Gaz 249, 306—308, 315, 318, 341—343; — carbonic (v. bioxid de carbon) 464—469, 474, 477—479; — ilariant 581 ; — — perfect 114, 273, 278, 282; — permanent 279, 293
Generator electric 227
Generație — animală 406, 533—543; — spontanee 457—458; — vegetală 544—549
Genetica 14, 88—89, 406, 542—545, 558—563, 641
Geneza 381—382; — mineralelor 354, 369, 371
Genitale (organe-) 486
Genul (unei curbe) 50—52
Geobotanică 451—452
Geochimie 369, 645—646
Geocronologie 387, 388
Geodezie 147, 148
Geografie 351, 384, 393, 452, 657, 664—665, 671, 678
Geologie 351—353, 373, 380—402, 406, 564, 572, 632, 639, 643, 645, 651, 652, 678
Geometrie 23—47, 672, 676; — algebrică 39, 47, 50—53, 69, 638; — analitică 26, 39, 45—49, 676; — compasului 38; — diferențială 30, 53—57; — eliptică 41—42; — euclidiană 42—43; — hiperbolică 39—41; — infinitezimală 53—57; — cu n dimensiuni 49—50; — enumerativă 36—38; — neeuclidiană 39—43, 640; — proiectivă 33—36; — riglată 48 — 49; — sintetică 33, 39; — a triunghiului 38
Geometrografie 38
Geomorfologie 393—396
Germaniu 326
Germen 542, 556
Ghețari, glaciații 572—573
Ghips 514
Gips 363
Gimnosperme 441, 442—446
Ginandromorfism 534—535
Ginecologie 581
Giroscop 116—117
Gismentul mineralelor 369—370, 374—375
Glande 486, 493, 602
Glicerină 332—333, 591
Glicogenică (funcție-) 483, 588
Glucide 468
Glucoză 468—469, 483
Goniometru 356, 366—367
Gradient 29
Granit 372, 374—375
Gravitație 124
Grădini — de aclimatizare 416; — botanice 453, 645, 649; — zoologice 416
Grefă animală 485—486
Greutăți (mase) — atomice 289, 306, 311, 315—322, 323—326, 341; — moleculare 308; — măsuri și — 633, 650, 680
Grup 21—24, 27, 42—45, 56, 72; — de simetrie 360
Gușă 580, 602
Gută 586

Haeckel (legea biogenetică fundamentală a lui-) 421, 539—540
Halogeni 324
Hamilton (principiul lui-) 110, 248
Haploidie 537, 547
Hărți — batimetrice 434; — ale cerului 141, 144, 145, 158, 159, 633; — geografice 643—644, 665, 671, 677; — geologice 387, 394—397, 398—399
Heliu 165—166, 176, 280, 293
Hematodinamometru 492
Hematologie 598
Hemiedrie 359, 455
Hemoglobină 478
Henry (legea lui-) 294, 306
Hermafroditism 533
Herpetologie 423
Hess (principiul lui-) 283
Heteroxenie 548

Hexagon — al lui Kekulé 337—338; — Pascal 33, 36, 44
Hibridizare 544—545, 559—560
Hidrodinamică 60, 98, 111—114, 243—245
Hidrogen 279, 293, 313, 316—317, 324, 330—331, 375, 466
Hidrocarburi 311, 335
Higrometru 278
Himeniu 447
Hipsometru 278
Histologie 345, 406—407, 412, 414, 597
Holeră 592, 605, 606, 607; — a găinilor 460
Homeopatie 585
Homeostazie 491
Homeomorfie 368
Hormoni 490; — vegetali 479
Humus 464, 473

Icosaedru 24
Idealelor (teoria —) 84; — de polinoame 27
Idealism 408
Ierbare 453
Igienă 606
Imaginare (v. numere complexe) — ale lui Galois 22, 81
Imersie 414
Împrăștiere (teoria) 101
Imunitate, imunologie 596
Indicatoarea lui Dupin 54
Indice de refracție 255
Indigo 339, 345—346, 414
Indiu 175
Inducție 122, 192—193, 222, 226—229, 231—232, 234—236, 247—248
Industrie 462, 630, 636—637, 643, 646, 648
Inele: — de difracție 135; — ale lui Gramme (sau Pacinotti) 227; — ale lui Newton 185
Inerția energiei 281
Infecție (v. boli infecțioase): — puerperală 582, 590, 591
Informației (teoria) 100
Infraroșu 173—174, 192—193, 255, 297
Infuzori 426, 533
Insecte 418, 420, 534; — fosile 423
Institute de cercetări 346, 488—489, 634—635, 637—638, 641, 650—653
Instrumente — astronomie 134—137; — fiziologice 490—492; — geodezice 644; — muzicale 208; — optice 177—181, 644; — științifice 10, 630, 653—654
Integrale: — abeliene 67—68; — definite 60—63; — eliptice 67—69
Intensitate 223, 236
Interferență 120—121, 185, 202, 204, 271
Interferometru 183, 200
Intoxicație 605
Invarianți: 25—28, 30, 42—43, 47; — diferențiali 27, 55, 56; — integrali 162
Inventar — faunistic 413, 419—425; — floristic 449—451
Inversie 51; — zahărului 340—341
Inversarea liniilor spectrale 175, 298
Invertină 344
Involuție 34
Iod 313, 369, 586
Ioni 215, 258—259, 260
Izomerie 335
Izomorfism 318, 330, 362, 366—369, 370
Izostazie 398
Izoterme 452
Îngrășăminte 464, 473
Înregistrare grafică 203—204, 207, 276, 415, 485, 488, 492, 597
Învățământ 18,19, 346, 378—380, 399—400, 575, 629—631, 633—645, 648—649, 655, 670—671, 672—673, 675—676, 677—681

Jordanon 562
Joule: — legea lui — (electricitate) 234, 240; — legea lui — (termodinamică) 283, 292, 302
Joule-Thomson (efectul-) 293
Jurasic 387

Kimograf 488, 492
Kirchhoff: — legea lui — (electricitate) 239—240; — legea lui — (energie radiantă) 137—138, 155, 175, 297—299
Koplik (semnul lui —) 604

Laboratoare 270, 279—280, 314, 346, 434, 461—462, 481, 484—487, 491—492, 608, 630—632, 633—636, 638, 640, 645, 648—649, 650—651
Lagrange (ecuațiile lui —) 108, 248
Lamarckism 517—518; 550—553
Laplace — legea lui — (de probabilitate) 91; — ecuația lui — (potențial) 240
Laplace-Gauss (legea lui —)89—90
Laringologie 603
Lavoisier (legea lui —) 305, 328
Legătură — mecanică 109, 123, 128; — — stochastică 87, 88
Legislația — brevetelor 346; — sanitară 587, 607, 680
Lentile 136; — optice 177
Lenz (legea lui —) 335
Leucemie 588—589, 598
Lichefierea gazelor 225, 279, 291—292, 641

Licheni 448
Linii de forță — electrice 231, 233; — magnetice 232—233
Linii spectrale (v. Analiză spectrală, spectrul)
Limnologie 441
Lingvistică 632, 657, 660—661, 668—670
Linneon 562
Localizări cerebrale 599
Locomoție 492
Locomotive cu abur 280, 677
Logaritmi 677
Logică: — matematică 30, 32, 638; — a probabilului 96—99; — simbolică 30—31
Lorentz (teoria microscopică a lui —) 195—299, 265—267
Lucrări didactice 396—397, 400—402, 572, 579, 481, 636, 670, 671—672, 677
Lucru mecanic: — principiul lui maxim 281, 287, 341; — principiul lui virtual 107—109
Lumină: — teoriile — ii (v. și electromagnetica (teoria —) 120, 169, 185—201; — etalon de 172 (v. propagare, viteză)
Luna 140, 161—163, 375—376
Lunetă: — astronomică 134, 136; — meridiană 141
Lupta — biologică 429—430; — pentru existență 551—552

Macle 360
Măduva spinării 487, 489—490, 588
Magdalenian 571
Magnetizare 211, 216, 254, 494
Magnetism 60, 121, 169, 209—211, 216, 219—220, 222—223, 225, 229, 237, 239, 246, 266, 365; — de rotație 226—228; — terestru 236—237, 632—633, 653
Magnetou 257
Magnetou-cristalin — (efect) 233, 241
Magneziu 313, 474
Magnitudine 140, 153—154
Malacologie 418
Maladii: — contagioase sau infecțioase 459—460, 582, 604, 607, 672; — profesionale 587
Malarie 345, 418, 428—430, 593—594
Malus (legea lui —) 139
Mamifere fosile 398—399, 514—516, 520, 522—524, 525—532, 564—565, 566—567, 572—573
Mamut 566—567, 574
Mangan 474
Marele simpatic 588, 597
Markov (procese —) 102
Mărimi (astronomice) 152—153
Marte (canalele lui —) 163
Masă 10, 108, 122—123, 127, 130
Mașini 115; — cu abur 118, 278, 279—280, 283; — frigorifere 280; — termice 118—119, 170, 269, 280
Materialism 405, 646
Matematică 11, 18—102, 160, 171, 633, 636—637, 638, 643, 649, 654—656, 661—663, 670, 676—678, 680
Matrice 25, 28
Maxwell (ecuațiile și teoria electromagnetică ale lui —) 121—123, 193—197, 228, 238, 243—251, 253—255, 259, 263—267, 299
Mecanică 60, 105, 107—133; — analitică 107, 112, 122—126; — cerească 105, 133, 156, 161—162, 655; — fizică 122—126; — a fluidelor 111—115, 203; — a mediilor continue 111—115, 203; — moleculară 112; — rațională 105, 107; — statistică 98—101, 118, 120, 300—304, 655; — principiile 126—132
Mecanism, teorii mecanice 119—123, 125—126, 129, 216, 217, 239—240, 241—246, 248, 254—255, 265, 267, 466—467, 487—488
Mecanismelor (teoria —) 645
Medicină 14, 170, 344—346, 406, 455, 461—462, 575—609, 630, 632—634, 640, 643, 657, 663—664, 670—672, 675—676, 668—670; — legală 587, 606, 672—673; — mintală 576, 590—600; — prenatală 607; — socială 575, 586—587, 606—608
Mediu: — de cultură 474; — interior 483—484
Megalonix 522
Meioză 537—538, 546—547
Menajerii 416
Mendel (legile lui —) 14, 90—91, 560—563
Mendeleev (clasificarea periodică a lui —) 176, 324—327, 646
Mercur (mișcarea periheliului lui —) 93, 161
Meristem 440—441
Metabolism 597
Metalurgie 648
Metamatematică 30, 33
Metamicte 363
Metamorfism 363—365
Metamorfoză 439—440, 509
Metan 334, 338
Meteoriți 156, 375—377
Meteorologie 643, 676, 681
Metru 183, 633, 634; — sistemul metric 634, 650, 681
Mezolitic 571
Micelară (teoria —) 441
Michelson (experiența lui —) 131, 183, 199—200, 268

Micologie 447, 547—549
Microbi, microbiologie 406, 455—462, 592
Microdisecție 415, 540—541
Micrometrul impersonal 142
Microscop, microscopie 121, 179—181, 362—363, 372—374, 409, 410, 413—415, 425, 434, 544
Microtom 410, 414
Migrație 424
Mineralogie 351, 353—379, 380, 678
Mineralogice (colecții —) 377—379
Mine 643, 671, 680
Minimei acțiuni (principiul —) 108, 110
Mișcare — browniană 99; — irotațională 111; — Poinsot 117;— proprie 148, 160; — a Soarelui 144—145, 147—149;— tangențială 389—391; — a vegetalelor 478
Mitoză 410
Model matematic 494
Moleculă 311, 318, 319, 320, 356—358;— integrantă 319, 354, 356—358, 359, 370
Moluște 533
Moment magnetic 294—295
Monstruozități 541—542
Morfină 345, 586, 592
Morfologie botanică 439—442
Motor — cu combustie internă 280;— electric 225, 646;— cu explozie 280
Moveină 339
Mulțimi 77—80, 85—86, 97
Munților (formarea —) 353, 388—393
Muscardină 458—459
Mușchi — în botanică 446—448; — în anatomie 487, 490—491
Musterian 570
Mutabilitatea speciilor 516—518
Mutații 381, 542—545, 562—563
Muzee științifice 377—379, 416, 453, 522, 650

Naftalină 338
Napoleon (problema lui —) 38
Navigatic 665, 670—671
Neanderthal (omul de la —) 568—569
Nebuloase 136, 141, 151—152, 156
Nematode 420, 428—429
Neodarvinism 556
Neolamarckism 530—531, 552
Neolitic 570—571
Neptun 159—160
Neptunism 371—372, 388—389, 391—392
Nernst (principiul lui —) 289
Nervi 487, 490—491, 596—597;— rahidieni 482, 486, 490, 494, 586
Neurologie 576, 583, 599—600
Neuroni 412, 597
Nevertebrate 418—421, 496, 536;— fosile 386, 421—423
Newton (legea lui —) 121, 150, 159
Newtonianism 189, 209, 218
Nitrat 474—476;— de argint 605
Nitrificare 474—476
Nodozități bacteriene 476
Nomenclatură — botanică 453—454; — chimică 314—316;— geologică 387, 393
Notație: — prescurtată 45; — cristalografică 356—357;— simbolică 314—315
Nove 154, 156
Nucleu — chimie 330—331;— biologie 408, 411, 547, 588
Numărul e 86;— π 86
Numere: — cardinale 78;— complexe 27, 28, 65, 66; — hipercomplexe 27; — prime 85, 86;— proporționale 305, 307, 341;— transcendente 78, 86;— transfinite 78
Numerelor mari (legea —)88—93
Numerism 579, 581
Nutație — astronomică 146;—botanică 478
Nutriție — animală 488, 492;— vegetală 463—466, 473—478;— maladii de 595, 600

Oameni fosile 516, 519, 523, 528, 564—565, 567—570
Obiectiv fotografic 179—180
Oboseală 490
Observatoare 133
Obstetrică 581, 585
Oceanografe 433—436
Odontografie 526
Oersted (experiențele lui —) 122, 216
Oftalmologie 585, 603
Oftalmoscop 487, 605
Oglinzile lui Fresnel 188
Ohm (legea lui —) 122, 223—225, 234, 239, 258
Ologeneză 557, 538, 539
Omologi 506—510
Ondulatorie (teoria —)121, 173—174, 185, 186—189, 362
Ontogeneză 511
Opiu 586, 605
Optică 169, 200, 242, 253, 297—298, 487; — cristalină 360—365;—fiziologică 177; — geometrică 48, 60, 120, 171, 177, 186; — instrumentală 169, 171—184;— vibratorie 252—253
Organografie vegetală 359, 439
Organizării (știința —)510—511
Ornitologie 424
Ortogeneză 557
Ortopedie 604
Oscilații electrice 241, 251—252, 255—256

Osmometrie 469—470
Osmoză 293—295, 342, 469—470, 481
Otorinolaringologie 585, 603
Oțet 457
Oului (dezvoltarea —) 537—540
Ovipare 516
Ovule 537—538, 544, 547
Oxigen 279, 293, 316—317, 328, 464—468, 477, 483

Paleobiologie 401, 528
Paleobotanică 384, 401, 442, 451
Paleogeografie 402, 528
Paleoneurologie 530
Paleontologie 351—352, 380—382, 386, 396—398, 421—422, 437, 645; — umană 527, 528, 564—570; — a nevertebratelor 401, 421—422; — stratigrafică 382—388, 401; — a vertebratelor 351, 382, 397, 406, 495, 501, 507, 512—532, 550
Paleoteriu 515, 518
Paludism 582, 594, 607
Pămîntului (Științele —) 351—402, 406, 636
Pancreas 483, 602
Panmixie 556
Paralaxe stelare 146—147
Paralelismului (teoria —)498—499, 504, 507, 510—511
Paramagnetism 233, 237
Paraziți, parazitism 426—430, 459, 548—549, 593, 638
Parcurs liber mediu 302
Partenogeneză 535—536
Păsări 424, 533—534; — fosile 424, 524, 529
Pasteurizare 457
Patologie 411, 578 (v. Medicina); — celulară 588; — nervoasă 594
Pătrate (metoda celor mai mici —) 157—158
Pavlov (micul stomac al lui —) 491
Pediatrie 584, 604, 672
Pendulul lui Foucault 116, 129
Peneplenă 393
Penicilium 594
Perceptibilitate a sunetelor 204
Percuție 577—579
Perioade geologice 387
Periost 483
Peritonită 590
Permeabilitate — celulară 472; — magnetică 192—193, 254
Pești 516, 523
Pete solare 163—165
Petrografie 354, 371—374, 380
Piatră (epoca de) 570; cioplită 570; șlefuită 570
Piezoelectricitate 243, 365
Pilă electrică 169, 209, 213—215, 219—220, 224, 260—262, 305, 312—314
Pipăitului (corpusculii tactili) 597
Piroelectricitate 365
Pirometru 271
Pitecantrop 569—570
Pînze de șariaj 391—392
Plancton 433—436
Planete 142—143, 156—162, 353
Plăci ortocromatice 140
Plăci vibrante 203
Plasmodiu 428
Plasmoliză 470
Pleistocen 387
Pliopitec 523
Plücker (formula lui —) 46
Plutonism 382
Pneumogastric 586
Pneumologie 578—579, 584, 592, 597, 598—599
Pneumotorax 579, 584, 606
Polarimetru 340
Polarizare 181, 186—187, 361; — cromatică 187, 190, 361;—rotatorie 181, 190, 359, 362;—rotatorie magnetică 231—233, 241; — a dielectricilor 211, 231—232; — a electrozilor 223, 230
Polarizor 181, 361
Polaritate — electrică 314—315, 328; — geometrică 34; — optică 361
Polarografie 261
Polen 544, 547
Poli și polare 35
Policroism 363—364
Poliembrionie 536
Polimorfism 364, 366—368, 370, 547
Polinoame 23
Poliomielită 597
Populațiilor (studiul —) 87—89, 100, 432, 558, 567—568
Postulatul 34, 311—312, 327, 331; —paralelelor 36, 39—41—43
Potasiu 215, 313, 474
Potențial 74, 111, 121—123, 209—210, 223, 239; — electric 225; — întîrziat 238; — mutual 235; — newtonian 209; — vector 236, 238, 240, 245
Potopul 381, 518, 564, 566
Pozitivism 12, 312, 373, 587, 635
Precambrian 387
Precesia 143, 148, 388; — Larmor 267
Preformism 544
Preistoria 352, 380, 387, 405—406, 564—574
Prelungire analitică 75

Premiul Nobel 178, 491, 639—641
Presiune — osmotică 260, 293—294, 469; — de radiație 140, 249, 298—300
Presiuni înalte 278—279
Primară (era —) 383—384, 386—388, 398
Principiul echilibrării organelor 500
Probabilități — calculul — lor 87—102, 120, 304; — ile cauzelor 96—97; — compuse 87, 96, 97
Proboscidieni 512
Procordate 421
Progresii 662
Propagarea — din aproape în aproape 234, 240, 245; — căldurii 101, 294—295; — curentului electric 236—238, 242; — luminii 188—189; — mișcării 114; — sunetului 202—203, 205—206; — undelor electromagnetice 246—247, 252—258
Proporții (legea lor) — definite 308—311, 323—324; — multiple 305, 315
Protal 546
Proteina 473—475, 476
Protistologie 425—426
Protoplasmă 409—410, 588
Protozoare 408—410, 425—426, 533
Protuberanțe 164
Pseudomorfoze 371
Psihiatrie 576, 583
Psihologie 486
Pteridofite 445, 448—449
Puncție lombară 596
Puritate 324
Putere — inductoare specifică 193, 229—230; — rotatorie 181, 328

Rachetă 646
Rahinococainizare 392
Radiație, energie radiantă, 140, 173, 268, 271, 297—299
Radiații — catodice 262—263; — pozitive 262; — X 268, 360, 371, 596
Radical 328—329, 332—333, 339
Radioactivitate 268, 326
Radiografie 596
Radiologie 608
Radiu 165, 326, 608
Raoult (legile lui —) 259, 294—295, 342—343
Raport anarmonic 35—36
Raționalism 157, 569, 673
Raporturilor raționale ale parametrilor (legea) 355
Rayleigh-Jeans (legea —) 301
Reacție — chimică 308—310, 313—315; — de descompunere 328—329; — de formare 328—329; — de substituție 329—330
Recesivi (factori —) 560
Reducție cromatică 547
Referință (sistem de —) 115—116
Reflex — acțiune -ă 487, 488, 494; — psihogalvanic 490
Reflexe condiționate 13, 491, 608
Reflexia: — luminii 265; — metalică 182 254—255; — sunetului 205—207
Refracția — luminii 265; — sunetului 202
Regenerare 536
Reîngheț 277
Relativitatea: — principiul -ii 13, 30, 93, 107, 108, 110, 117, 131—132, 161, 183, 228, 242, 266, 268: — mișcării 115—117, 123, 127—129
Ren 565—567
Reptile 423—424, 504; — fosile 397, 515—516, 523, 528
Reproducerea: — animală 406, 533—537; — asexuată 533, 536; — vegetală 406, 544—549
Respirație: — aerobă 469; — anaerobă 468; — animală (și aparat respirator) 343, 480, 484—485, 488, 490, 492, 591, 597; — vegetală 465—469, 481
Resurse naturale (inventarul — lor —) 631, 643, 648—650, 652
Reticulară (teoria) 359—360, 371
Rețea — cristalină 357—358, 359—361; — de difracție 138, 173—176; — pentagonală 390—391
Reversibile (transformări) 283—285
Rezonanță 202—204
Rezonator 204
Roata lui Barlow 226
Roci (v. mineralogie) — eruptive 372, 374, 389; — metamorfice 372—375; — sedimentare 372—373
Roi de stele 151
Rotație electromagnetică 225
Rowland (efect —) 249—250
Rugeolă 604
Rugina grîului 548

Sănătate publică 608, 673
Sarcod 409
Sarcină electrică 209, 237
Săruri minerale 463—464
Scară — absolută a temperaturilor 285; — de electropozitivitate 214; — fotometrică 139, 144; — stratigrafică 381—388
Schimbare de stare 276
Secretină 490

Secreţie — funcţie de — 488; — glandă cu —internă 483, 493—494, 602
Secundară (era —) 383
Sedimentare 371, 388
Seismologie 680
Selecţie — naturală 50, 508—509, 511, 530—531, 552—555; — sexuală 565; — vegetală 646
Selfinducţie 229
Semiologie 578
Seminar 19, 635
Serie — aromatică 336, 339; — Fourier 59, 78, 114, 202, 296; — întreagă 62—64; — grasă 336, 339; — hipergeometrică 63, 64; — Taylor 65, 67; — convergenţa — lor 63
Sero-diagnostic 595
Seroterapie, seruri 606
Servicii geologice oficiale 395—397, 645
Sevă 471—473
Sexualitate — animală 533—537; — vegetală 442, 448, 544—548
Sfigmograf 487, 492
Sfigmometru 492
Sifilis 582, 586, 600, 604, 664, 675
Simbioză 430
Simbolism chimic 307, 318—324, 327
Simetrie — legea — (cristale) 354, 357, 358—360; — principiul —(fizică) 243
Simptome 577—578
Sinteză chimică 12, 326, 328, 337—340, 345—346, 375—377, 475—476
Sistematică — animală 417—425; — vegetală 442—450, 663
Sistem — geologic 383;— lichid-vapori 277; — metric 634, 650, 631; — nervos 412, 483, 485, 487—488, 490, 585, 641; — stelar 146, 149—150; — triplu ortogonal 53—54, 56; — de unităţi 121—122, 194, 236, 242
Sînge 411
Sîngerare 586
Soarele 141, 163—166; — tabele solare 142—143
Sodă 366
Sodiu 215, 313
Sol 465, 473—475, 476
Solidă (stare —) 276
Solidificarea — gazelor 279; — lichidelor 276—277
Solubilitatea gazelor 306, 311
Solutrean 570
Soluţii 293—295, 342—343
Soma 544, 556
Somnului (boala —) 429
Spaţiu 12, 44, 55; — fizic 42; — proiectiv 35; — Riemann 55
Specie — animală 381, 418, 562; — vegetală 442
Spectru — solar 137, 140; — stelar 152, 155, 156 (v. analiza spectrală)
Spectrografie 138, 139, 324; — de masă 262
Spectroheliograf 164
Spectrometrie, spectrofotometrie 138, 172
Spectroscop, spectroscopie 138, 155, 160, 162—163, 172—176, 178—179, 183—184
Spermatozoizi 408, 537—538, 544—547
Spitale 575, 633, 670, 675, 679
Spirală generatoare (teoria — ei —) 439—440
Sports 562
Stafilococ 593
Stare critică, elemente critice 278, 290—292
Stărilor corespondente (legea —) 292
Statistică 13—14, 87—102, 146, 151, 196, 558—559, 632
Staţiuni zoologice marine 434
Stefan — constanta lui 302; — legea lui 299—300, 302
Stele: —duble 146, 149—150, 154, 160—161; — variabile 154
Stereochimie 455
Sterilizare bactercologică 457—458
Stetoscop 578—579
Sticle optice 179—180
Sticloasă (stare —) 276
Stomocordate 421—422
Stratigrafie 381—388, 396—397, 571
Strate duble 239, 261—262
Strat inversant 164
Strălucire: — aparentă 152, 153; — stelară 153
Stroboscop 204
Stronţiu 313
Structură — biologică 406 (v. citologie); — chimică 314—316, 326—339, 346, 646; — cristalină 354, 357—361; — a materiei 112—113 [v. atomică (teoria)]; — matematică 28, 42, 43; — mineralogică 353
Strum (teorema lui —) 24
Sucuri digestive 468, 490—491, 588
Sunete (v. acustica)
Sulf 474
Suprafeţe — algebrice 47, 48, 50, 52, 54; — ale lui Fresnel 48, 190; — Riemann 50, 58, 74
Suprarenale (glande) 492, 603
Supratopire 276—277
Surditate 603

Tabele astronomice 161—162, 662
Tăieturi 76
Taliu 175

Talofite 445
Tardenoisian 571
Tartrați 181, 455
Taxonomie — animală 417; — vegetală 442—450, 453—454, 548
Tectonica 389—392
Telefon 208, 255
Telegraf 141—142, 228—229, 236, 241—242
Telescoape 134—136
Temperatura 286; — joasă 270; — Soarelui 165—166; — stelară 140
Tensor 29
Tensiune — arterială 597—598; — electrică 223; — electromotoare 224; — internă 112; — superficială 124
Tensiunilor (legea —) 214
Teologia 351
Teoria numerelor 80—86, 645
Terapeutică 345, 605
Teratologie 541—543
Termochimie 283, 340—341
Termodinamica 60, 98, 118—120, 170, 172, 219, 242, 249, 269, 281—304, 340
Termoelectric (efect —) 140, 223, 242, 274
Termometru, termometrie 223—224, 270—271
Termopilă 140, 224
Terțiară (era) 383, 387, 397
Tetraatomicitate 336
Tetraedric — carbon—336; — teoria 390
Tetravalența carbonului 333
T.F.F.—241, 255, 646
Tifoidă, febră — 579—580, 586, 593, 606
Timbru 202
Timp — măsura — lui 142—143; — local 567
Tipuri — condensate 332—333; — teoria 331—334, 339
Tiroidă 490, 493, 602
Tiroxină 493
Titus-Bode (regula —) 157—159—160
Tonometrie 296
Topire 276—277
Topologie 56—57, 74
Toxicologie 587
Transformări — birațională 51, 52; — circulare 51; — de contact 43, 57; — geometrice 33, 34, 39, 51; — nomografice 35; — pătratice 52
Transformism 381—382, 516, 520—521, 532 (v. și evoluție)
Transfuzie de sînge 598
Transpirație 470, 471
Trei corpuri (problema celor —) 162, 655
Trematode 427
Trichina 428, 593
Tripanozome 429
Trisecțiunea unghiului 37
Tropism 478—479
Tuberculoză 577, 584, 589, 604, 606
Tubul — Crookes 262—263; — Geissler 175
Tuburi sonore 207
Turbare 461, 582, 592
Turbina cu abur 280
Turbioane, mișcare turbionară 113, 242, 243, 245
Turtirea Pămîntului 127, 129
Țesuturi 407—409, 440 F, 576

Ulcer 601
Ultraviolet 174
Unde — electromagnetice hertziene 121—122, 174, 195, 197, 251—253, 257; — sonore 202, 205
Uniformizare 51
Uniformitarism 387, 390
Unitatea — creației 518—519; — de plan 498—499, 502—503, 520—521, 526; — spectrului 297
Universuri insulare 151, 152
Uranometrie 142—147
Uranus 157, 159—160
Uree 339, 580, 597
Urologie 603
Urotropină 605
Utilaj litic 564—573

Vaccinare 561; — antivariolică 582
Valență 333—334
Van der Waals (ecuația de stare a lui —) 120, 290—293
Vapori 276—278; — de apă 278
Variația masei cu viteza 197—200
Varietate riemanniană 49—50, 55—56
Variolă 604 (v. vaccinare)
Vectori 28, 29, 242
Venerice (boli —) 582
Venus 492
Verificarea ipotezelor statistice 14, 87—102, 146—147, 150, 196, 558—559, 632—633
Vertebrală (teorie — a craniului) 504
Vertebrate 537, 539
Vibrații — elcctromagnetice 190, 202, 253; — transversale 121, 190
Viermi 419; — de mătase 458
Virusuri 460—461, 475—476, 593

Viscozitate 113; — de gaz 302
Vitalism 343, 464, 470, 493, 541
Viteza — luminii 182—185, 194—195, 237, 247, 252, 267; — radială 138—139, 156, 177; — a sunetului 205, 274
Vivipare 516
Vivisecție 494
Viziune 487, 494
Vîntului de eter (efectele —) 198, 200, 267
Vocea omenească 204
Voltmetru 229
Volume — moleculare 308; — teoria 315—317
Vulcani 389, 392, 398

Weber (legea lui —) 327
Wien — constanta lui — 301; — formula lui — 300—301

Zahăr 181, 341, 478
Zeeman (efectul —) 196, 233, 268
Zigoți 546—547
Zimază 468
Zinc 474
Zonelor (legea —) 355
Zoogeografie 436—437
Zoologie 406, 413—437, 644, 655; — lacustră 639; — marină 640

Legendele planşelor

1. CARL FRIEDERICH GAUSS (1777—1855), în jurul anului 1840. Tablou de Chr. Albrecht Jensen. Observatorul de la Pulkovo. (Foto Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin.)

2. PATRU MARI MATEMATICIENI DIN PRIMA JUMĂTATE A SECOLULUI AL XIX-LEA. 1. AUGUSTIN CAUCHY (1789—1857). Gravură de L. Ruet după o litografie (*Galerie des savants célèbres*, Lenoir et Forster, editori). Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F. Goldner.); 2. NIELS HENRIK ABEL (1802—1829). Tablou anonim aflat în posesia familiei savantului. (Fotografie pusă la dispoziţie prin amabilitatea prof. V. Brun.); 3. EVARISTE GALOIS (1811—1832). Portretul tînărului matematician la vîrsta de 16 ani (P. DUPUY, *La vie d'Evariste Galois*, Paris, 1903). (Foto P.U.F. Goldner.); 4. NICOLAI I. LOBACEVSKI (1792—1860). Portret executat în 1839 de Lev Kriukov. Cabinetul preşedintelui Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. (Foto Institutul de istoria ştiinţei şi tehnicii al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.)

3. RIEMANN ŞI WEIERSTRASS. 1. BERNHARD RIEMANN (1826—1866). După un portret păstrat la *Königlische Gesellschaft der Wissenschaften* din Göttingen. Arhivele Academiei de Ştiinţe. (Foto P.U.F. Goldner.); 2. KARL WEIERSTRASS (1815—1897). După o fotografie. (Foto Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin.)

4. HENRI POINCARÉ (1854—1912) în cabinetul său de lucru. Fotografie. Colecţia Viollet. (Foto Viollet.)

5. EXPERIENŢA CU PENDULUL LUI FOUCAULT. 1. Gravură reprezentînd experienţa realizată de Foucault la Panteon la începutul anului 1851 („L'Illustration", 5 aprilie 1851). 2. Sfera pendulului (28 kg) care a servit la această experienţă. Muzeul Conservatorului naţional de arte şi meserii din Paris. (Foto, Musée du Conservatoire national des Arts et Métiers.)

6. MARELE TELESCOP AL LUI WILLIAM HERSCHEL. Telescop cu distanţă focală de 40 picioare (12 m) şi deschiderea de 1,22 m, construit de W. Herschel între 1785 şi 1789 la Slough, în apropiere de Windsor, sub finanţarea regelui George al III-lea al Angliei („Philosophical Transactions", vol. 85, 1795, Pl. 24). Observatorul din Paris. (Fotografie aparţinînd Observatorului.)

7. MAREA LUNETĂ ECUATORIALĂ A OBSERVATORULUI DIN PARIS. Această lunetă cu distanţă focală de 9 m şi diametrul de 38 cm a fost construită sub conducerea lui F. Arago între 1851 şi 1853. Era în acea vreme unul din cele mai puternice aparate refractoare în funcţiune. În 1882, a fost înzestrată cu un nou obiectiv, realizat de fraţii Henry. În anul următor, luneta a fost modernizată, iar mecanismul ei a fost înzestrat cu un motor cu gaz. Observatorul din Paris (turnul din est). (Fotografie aparţinînd Observatorului.)

8. ÎNCEPUTURILE FOTOGRAFIEI ASTRONOMICE. 1. Prima daghereotipie a Soarelui obţinută la 2 aprilie 1845 de către Foucault şi Fizeau. Muzeul Conservatorului naţio-

nal de arte şi meserii din Paris. (Foto Muzeul Conservatorului.) 2. Fotografia nebuloasei Orion realizată de J.W. Draper (martie 1882). Această fotografie, obţinută cu un timp de expunere de 137 min. cu ajutorul unei lunete ecuatoriale prevăzută cu un obiectiv acromatic de 28 cm, este primul document care furnizează date mai precise asupra structurii unei mari părţi a acestei celebre nebuloase. (E.S. Holden, *Monograph of the Central Parts of the Nebula of Orion*, Washington, 1882.) (Foto Observatorul din Paris.)

9. FOTOGRAFIA LUNII. Acest document, extras din *Atlas photographique de la Lune* de M. Loewy şi P. Puiseux (Paris, 1896—1899), arată importantele progrese realizate în cunoaşterea topografiei lunare. (Foto Biblioteca naţională.)

10. DESCOPERIREA PLANETEI NEPTUN VĂZUTĂ DE CARICATURISTUL CHAM. Caricaturistul îl acuză pe nedrept pe Adams de a fi plagiat descoperirea lui Leverrier. („L'Illustration", semestrul II 1846.) (Foto Biblioteca naţională.)

11. JOSEPH VON FRAUNHOFER (1787—1826) ŞI SPECTROSCOPUL SĂU CU REŢEA. Se văd, de la stînga la dreapta, Urtzschneider, Fraunhofer, Reichenbach şi Merz. Tablou de R. Wimmer. (Foto Deutsches Museum, München.)

12. ÎNCEPUTURILE FOTOGRAFIEI. 1. Prima fotografie realizată de Niepce (1826); vedere de la fereastra sa. Colecţia Gernsheim (după H. şi A. Gernsheim, *The History of Photography*, Oxford, 1955.) 2. Una din primele daghereotipii (1839). Vedere a Palatului Louvre, partea dinspre Sena. Musée du Conservatoire national des Arts et Métiers. (Foto de la Muzeu.)

13. MAREY ŞI CRONOFOTOGRAFIA. În centrul planşei: fotografiere cu puşca cronofotografică. De jur împrejur: cronofotografii reprezentînd descompunerea zborului unei păsări, a înotului a doi peşti, a săriturii unui gimnast. (Foto Goldner şi Cinémathèque française.)

14. ÎNTEMEIETORII OPTICII ONDULATORII: YOUNG ŞI FRESNEL. 1. THOMAS YOUNG (1773—1829). Gravură de Ch. Turner, după Lawrence. British Museum, Londra. Document comunicat de Editions d'art Lucien Mazenod. (Foto British Museum.) 2. AUGUSTIN FRESNEL (1788—1827). Gravură de Ambroise Tardieu, după un desen făcut în 1825. Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.)

15. EXPERIENŢELE LUI LUIGI GALVANI (1737—1798) ASUPRA ELECTRICITĂŢII ANIMALE. L. Galvani, *De viribus electricitatis*, Mantua, 1792, planşa II. Diferitele desene reprezintă cîteva din numeroasele experienţe realizate de Galvani pentru ca să verifice efectul descărcărilor electrice asupra nervilor de broască sau ai altor animale. (Foto Bibliothèque Nationale.)

16. ÎNTEMEIETORII ELECTROMAGNETISMULUI. 1. HANS CHRISTIAN OERSTED (1777—1851). Tablou de C.V. Eckersberg, Kongelige Bibliotek, Copenhaga. (Foto Ambasada Danemarcei.) 2. ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (1775—1836). Desen în peniţă atribuit lui Ampère. Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.)

17. O CONFERINŢĂ A LUI FARADAY LA ROYAL INSTITUTION. Tabloul reprezintă o *Conferinţă de Crăciun* ţinută de Faraday (27 decembrie 1855) sub preşedinţia prinţului consort, care este însoţit de tînărul prinţ Albert Eduard (viitorul rege Eduard al VII-lea). Royal Institution, Londra. (Foto R.B. Fleming and Co. Ltd., pus la dispoziţie prin amabilitatea lui The Royal Institution.)

18. MICHAEL FARADAY (1791—1867) ÎN LABORATORUL SĂU DE LA ROYAL INSTITUTION. După o gravură contemporană. (Foto British Council.)

19. JAMES CLERK MAXWELL (1831—1879). Universitatea Cambridge. Department of Physics. (Foto Universitatea Cambridge.)

20. APARATELE LUI HERTZ PENTRU STUDIUL UNDELOR ELECTROMAGNETICE. 1. Oscilator cu plăci pătrate de alamă care servesc drept capacităţi terminale. Model de oglindă concavă cu emiţător şi receptor de unde. 2. Reţea de polarizare. Prismă din

răşină, destinată etalonării lungimilor de undă. 3. Rezonator circular. Deutsches Museum, München. (Foto Deutsches Museum.)

21. APARATUL LUI CAILLETET PENTRU LICHEFIEREA GAZELOR (1878). Musée du Conservatoire des Arts et Métiers. (Foto Muzeu.)

22. ÎNTEMEIETORII TERMODINAMICII. 1. SADI CARNOT (1796—1832.) Gravură de Boilly după un portret din anul 1813. Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.) 2. JULIUS ROBERT VON MAYER (1814—1878). Desenat şi gravat de A. Weger (Leipzig). Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.) 3. JAMES PRESCOTT JOULE (1818—1889). Fotografie. Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.) 4. RUDOLF CLAUSIUS (1822—1888). După o fotografie. (Foto Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin.)

23. DALTON ŞI BERZELIUS. 1. JOHN DALTON (1766—1844). Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.) 2. JÖNS JAKOB BERZELIUS (1779—1848). Gravură executată de Ambroise Tardieu după un bust. Archives de l'Académie des Sciences. (Foto P.U.F., Goldner.)

24. GERHARDT ŞI MENDELEEV. 1. CHARLES GERHARDT (1816—1856). Gravură de Milster. (Foto P.U.F., Goldner.) 2. DIMITRI MENDELEEV (1834—1907). Tablou de Iaroşenko, Moscova (Foto Institutul de istoria ştiinţei şi tehnicii al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S.)

25. LABORATORUL DE CHIMIE ANALITICĂ AL LUI LIEBIG DE LA UNIVERSITATEA DIN GIESSEN. 1. Vedere interioară a laboratorului, după o gravură contemporană (în jurul anului 1840). 2. Reconstituirea laboratorului aşa cum arăta în vremea lui Liebig. (Foto Liebig-Museum Giessen.)

26. O LECŢIE DE CHIMIE A LUI SAINTE-CLAIRE DEVILLE, ÎN LABORATORUL DE LA ÉCOLE NORMALE SUPERIEURE. În primul plan pot fi văzuţi, de la stînga la dreapta, Ditte, Debray, Hautefeuille, Henri Sainte-Claire Deville (1818—1881), Troost, Joly, Cavallier şi Matignon. Tablou de L. Lehrmitte. Sala documentelor Faculté des Sciences din Paris. (Foto Giraudon.)

27. JACOBUS HENRICUS VAN'T HOFF (1852—1911) ÎN LABORATORUL SĂU PARTICULAR, ÎN JURUL ANULUI 1896. Fotografie. (Foto Rijkmuseum voor der Geschiedenis de Natuurwetenschappen, Leyda.)

28. GEOLOGIE ŞI PETROGRAFIE. 1. Originea rocilor, după Sir Charles Lyell (1797—1875). „Secţiunea ideală a unei părţi a scoarţei terestre ilustrînd teoria originii contemporane a patru mari clase de roci". Gravură colorată de pe coperta cărţii *Elements of Geology* a lui Ch. Lyell (Londra, 1838). Biblioteca Muséum national d'Histoire naturelle. (Foto P.U.F., Goldner.) 2. Structura microscopică a rocilor vulcanice. Secţiuni subţiri din roci vulcanice (tefroitul şi leucotefroitul) văzute la microscopul polarizant. Desene inedite executate cu ajutorul camerei clare de către E.Jacquemin pentru A. Lacroix (sfîrşitul secolului al XIX-lea). Laboratorul de mineralogie al Muzeului. (Foto aparţine laboratorului.)

29. LECŢIE DE ANATOMIE ANIMALĂ ŢINUTĂ DE MAX (WILHELM CARL) WEBER (1852—1937) LA UNIVERSITATEA MUNICIPALĂ DIN AMSTERDAM. Pot fi văzuţi, alături de M. Weber, J.M. Jense, J.Th. Oudemans şi F.A.F.C. Went. Tablou de L. Strancké (1886). Laboratorul de zoologie al Universităţii municipale din Amsterdam. (Foto Rijkmuseum voor de Geschiedenis der Natuurwetenschappen, Leyda.)

30. *FALCO HALIAETUS*, DE JOHN JAMES AUDUBON. Gravură în acvatintă în culori, retuşată cu mîna: înălţime 100 cm, lăţime 65 cm. *The Birds of America*, după un desen original de John Audubon, publicat de autor (Edinburgh-Londra, 1827—1838, planşa 81). (Foto Centrul cultural american din Paris.)

31. *STATIONE ZOOLOGICA* DIN NAPOLI LA SFÎRŞITUL SECOLULUI AL XX-LEA. Acest laborator maritim, fundat în 1874 de zoologul german Anton Dohrn (1841—1909), a devenit într-un timp scurt unul dintre cele mai active centre internaţionale

pentru studiul faunei marine. Gravură de la sfîrșitul secolului al XIX-lea. Francesco Giannini et Figli, Napoli. Document pus la dispoziție prin amabilitatea prof. Montalenti.

32. PEȘTI DE ADÎNCIME PRINȘI ÎN TIMPUL EXPEDIȚIEI VASULUI „CHALLENGER" (1873—1876): fig. A: *BATHYDRACO ANTARCTICUS*; fig. B. *MELAMPHAËS CRASSICEPS*. Desene reproduse din *The Voyage of. H.M.S. Challenger: Zoology*, vol. XXII, Londra, 1887: *Deep Sea Fisches*, planșa VIII. Desene și litografii de R. Mintern. Biblioteca Muséum national d'Histoire naturelle. (Foto P.U.F., Goldner.)

33. ALEXANDER VON HUMBOLDT (1769—1859) ȘI AIMÉ BONPLAND (1773—1858) ÎN CURSUL EXPEDIȚIEI LOR ȘTIINȚIFICE ÎN AMERICA (1799—1804). Humboldt, în picioare, examinează un sextant pe care i-l prezintă un ajutor indian. Bonpland, stînd jos, clasează niște plante destinate ierbarului său. Se distinge un barometru cu mercur, cadavrul unui condor și lăzi cu material științific. Tablou de F.G. Weitsch, 1806. (R. Bitterling, *Alexander von Humboldt*, München-Berlin, 1959.)

34. RECONSTITUIREA FLOREI CARBONIFERE, CYRILLE GRAND'EURY (1839—1917). Planșe extrase din *La flore carbonifère du département de la Loire et du centre de la France*, de C. Grand'Eury (Paris, 1877). (Foto Bibliothèque Nationale.) 1. *Lepidodendron. Sigillaria și Stigmaria.* 2. *Subconifere:* cordaite, doricordaite, poacordaite, dicranphyllum.

35. CLAUDE BERNARD (1813—1878) ȘI DISCIPOLII LUI ÎN LABORATORUL DE LA COLLÈGE DE FRANCE. Se poate distinge, de la stînga la dreapta, Gréhant, Dumont-Pallier, Malassez, P. Bert, d'Arsonval, Cl. Bernard, părintele Lesage și Dastre. Cu toate că a fost executat în 1889, tabloul încearcă să redea atmosfera celebrului „cavou" dintre anii 1873 și 1878. Tabloul de L. Lhermitte. Laboratorul de fiziologie al Sorbonei. (Foto Goldner.)

36. RECONSTITUIREA ANIMALULUI *ANOPLOTHERIUM MEDIUM* DE CĂTRE CUVIER. Osemintele fosile găsite în realitate sînt în trăsături mai groase, părțile reconstituite ale scheletului în linii punctate, iar presupusele contururi ale animalului în semitentă. Desen original inedit de Cuvier (format înălțime 24 cm, lățime 37 cm). Biblioteca Muséum national d'Histoire naturelle (ms. 635). (Foto P.U.F., Goldner.)

37. INTERIORUL CABINETULUI DE ANATOMIE COMPARATĂ DE LA JARDIN DES PLANTES, ÎN JURUL ANULUI 1840 (Muséum national d'Histoire naturelle din Paris). H.-M. Ducrotay de Blainville (1777—1850) ocupa pe atunci catedra de anatomie comparată la care îl urmase pe Cuvier în 1832. Desen de Karl Girardet (Andrew Best and Leloir) reprodus în *Le Jardin des Plantes*, de M. Boitard (Paris, 1842, planșa II, p. 63, Bibliothèque du Museum). (Foto. P.U.F., Goldner.)

38. SALA DE PALEONTOLOGIE DE LA CENTRAL PARK MUSEUM DIN NEW YORK CARE CONȚINE MAI MULTE MODELE DE ANIMALE FOSILE RECONSTITUITE PE BAZA SCHELETELOR. Gravură de la sfîrșitul secolului al XIX-lea. The New York Printing Co. (Foto American Museum of Natural History.)

39. CHARLES DARWIN (1809—1882). (Foto British Council.)

40. COLONIE DE IGUANE MARINE PE COASTELE NARBOROUGH (FERNANDINA, INSULELE GALAPAGOS). Fauna bizară a insulelor Galapagos a fost studiată de Charles Darwin cu ocazia șederii sale pe aceste insule în cursul călătoriei în jurul Pămîntului a vasului „Beagle"; aceste studii au avut o influență determinantă asupra formării teoriei evoluției. (Foto aparținînd profesorului I. Eibl-Eibesfeldt, Max Planck Institut, Seewiesen bei Starnberg Obb.)

41. EXPLORĂRI ALE SPECIALIȘTILOR ÎN PREISTORIE LA TUC D'ANGOUBERT LA SFÎRȘITUL SECOLULUI AL XIX-LEA. Pot fi văzuți, printre alții, contele Begouan, J. Begouan și abatele Henri Breuil (născut în 1877). Musée de l'Homme. (Foto Muzeului.)

42. RĂMĂȘIȚELE PITECANTROPULUI. Planșe extrase din lucrarea lui E. Dubois: *Pithecanthropus erectus. Eine menschenahnliche Ubergangsform aus Java*, Batavia 1894.

1. Calotă craniană văzută din partea stîngă. După o fotografie. 2. Femur stîng văzut din față, din exterior, din spate și de dedesubt. Extremitatea inferioară a femurului văzută din interior. Al treilea molar superior drept văzut de deasupra și de dedesubt. (După desene executate de autor cu ajutorul camerei clare.) Bibliothèque du Muséum national d'Histoire naturelle. (Foto P.U.F., Goldner.)

43. FRESCĂ DIN GROTA DE LA ALTAMIRA (PROVINCIA SANTANDER, SPANIA). Bizoni și cai. (Foto Goldner.)

44. PHILIPPE PINEL (1745—1826), MEDIC DE LA SALPETRIÈRE, ELIBERÎND ALIENAȚII DIN LANȚURI. Tablou de T. Robert-Fleury (1876). Spitalul Salpetrière din Paris.

45. O LECȚIE CLINICĂ A LUI JEAN-MARTIN CHARCOT (1825—1893) LA SALPETRIÈRE. Tablou de P.A. Brouillet (1887). Muzeul din Nisa. (Foto Giraudon.)

46. UNA DINTRE PRIMELE ȘEDINȚE DE INOCULARE CONTRA TURBĂRII. Desen original de Emile Bayard. Musée Pasteur, Paris. (Foto Institutul Pasteur.)

47. 1. PAUL EHRLICH (1854—1915) ÎN LABORATORUL SĂU. 2. ROBERT KOCH (1843 — 1910) ÎN JURUL ANULUI 1880 ÎN LABORATORUL SĂU BACTERIOLOGIC. (A se vedea P. de Kruif, *Mikrobenjäger*, Zürich, 1927.) (Foto pus la dispoziție prin amabilitatea prof. Rothschuh.)

48. OBSERVATORUL DIN ISTANBUL (ÎN JURUL ANULUI 1580). Ilustrație reprodusă după un manuscris al Bibliotecii Universității din Istanbul prezentînd astronomi și astrologi care folosesc diferite tipuri de instrumente astronomice (astrolabi, cvadranți, clepsidre, glob terestru etc.) în micul Observator din Istanbul în cursul scurtei perioade de activitate a acestei instituții: 1577—1580 (Shahinshāhnāma ms., Biblioteca Universității din Istanbul). A se vedea A. Sayili, *The Observatory in Islam*, Ankara, 1960. (Document pus la dispoziție prin amabilitatea prof. A. Sayili.)

Tabla de materii

PREFAŢA (de R. TATON) 5

GENIUL SECOLULUI AL XIX-LEA (de CH. MORAZÉ) 9

Un secol al paradoxurilor. Un secol al geniilor. Domnia mccanicii şi a masei. Încurcătura filozofilor. Superioritatea experienţei asupra deducţiei. Sfîrşitul domniei raţiunii obişnuite. Omul, fiul animalului. Omul, stăpînul vieţii.

PARTEA ÎNTÎI

MATEMATICA

Noile condiţii ale progresului. Situaţia în diverse ţări 17

CAPITOLUL I

ALGEBRA ŞI GEOMETRIA (de R. TATON) 21

A. REÎNNOIREA ALGEBREI. 21

1. *Teoria ecuaţiilor şi teoria grupurilor* 21
Teorema fundamentală. Ecuaţii de grad superior lui patru. Galois şi teoria grupurilor. Progresul teoriei grupurilor. Metode de rezolvare aproximativă a ecuaţiilor

2. *Începuturile algebrei liniare. Noi tipuri de algebre* 24
Teoria determinanţilor. Matrice şi calcul matriceal. Studiul formelor şi teoria invarianţilor. Cuaternioni şi numere hipercomplexe. Diferite tipuri de algebre

3. *Vectori şi tensori* 28
Începuturile calculului vectorial. Dezvoltarea analizei vectoriale. Începuturile calculului tensorial.

4. *Primele lucrări de logică matematică* 30

B. MAI MULTE TIPURI DE GEOMETRII 33

1. *Dezvoltarea geometriei sintetice* 33
Reînnoirea geometriei pure. Poncelet şi redescoperirea geometriei proiective. Steiner, Chasles şi doctrina proiectivă. Staudt şi axiomatizarea geometriei proiective. Geometria enumerativă. Diverse probleme.

2. *Geometriile neeuclidiene şi problema fundamentelor geometriei* 39

Gauss, Lobacevski, Bolyai și „geometria hiperbolică". Intervenția lui Riemann. Răspîndirea geometriilor neeuclidiene. Geometria și teoria grupurilor. Fundamentele geometriei

3. *Reînnoirea geometriei analitice* 45

Școala franceză, de la Monge la Bobillier. Extensiunea conceptului de coordonate și opera lui Plücker. Studiul curbelor și al suprafețelor algebrice. Geometria riglată. Geometriile cu n dimensiuni

4. *Originile geometriei algebrice* 50

Intervenția teoriei funcțiilor. Transformările birationale. Începuturile geometriei algebrice

5. *Geometria infinitezimală și diferențială* 53

Școala lui Monge. Opera lui Gauss și consecințele ei. Riemann și geometria diferențială. Dezvoltări ulterioare

6. *Apariția topologiei* 57

CAPITOLUL II

ANALIZA MATEMATICĂ ȘI TEORIA NUMERELOR 59

A. DEZVOLTAREA FIZICII MATEMATICE (de J. ITARD) 59

Opera lui Joseph Fourier. Dezvoltarea fizicii matematice

B. REÎNNOIREA ANALIZEI MATEMATICE 60

Primele lucrări ale lui Cauchy din domeniul analizei. Noțiunile de funcție și de continuitate. Integralele definite. Seriile. Seriile întregi. Numărul complex. Funcțiile de o variabilă complexă. Funcțiile eliptice. Integralele abeliene. Funcțiile eliptice ale lui Jacobi și Weierstrass. Funcția modulară; funcțiile abeliene; funcția gamma. Teoremele de existență pentru ecuațiile diferențiale. Metodele de integrare a ecuațiilor diferențiale sau cu derivate parțiale.

C. PROGRESELE ULTERIOARE ALE ANALIZEI 72

Sistematizarea concepțiilor lui Cauchy. Teoria funcțiilor după Riemann. Începuturile topologiei. Teoria funcțiilor după Weierstrass. Aritmetizarea matematicii. Henri Poincaré.

D. TEORIA MULȚIMILOR 77

Georg Cantor. Numerele ordinale transfinite.

E. TEORIA NUMERELOR 80

Legendre. Gauss. Congruențele. Imaginarele lui Galois. Formele pătratice. Marea teoremă a lui Fermat. Corpuri de numere algebrice. Ideale. Repartiția asimptotică a numerelor prime. Numerele transcendente.

CAPITOLUL III

PROBABILITĂȚI ȘI STATISTICĂ (de G. DARMOIS) 87

Noțiunea de corelație. Mendelismul. Rolul lui Quetelet. Legea numerelor mari. Laplace și teoria erorilor. Convergența stochastică. Verificarea ipotezelor statistice. Logica probabilului. Mecanica statistică și teoria cinetică a materiei. Entități aleatoare generale.

PARTEA A DOUA
MECANICA ŞI ASTRONOMIA

CAPITOLUL I

APOGEUL ŞI INCERTITUDINILE MECANICII CLASICE (de P. COSTABEL)..... 107

A. DEZVOLTAREA MECANICII ANALITICE 107
Principiul mecanicii analitice. Generalizarea lui Laplace. Legături şi lucruri mecanice virtuale: Fourier şi Gauss. Formalizarea: Poisson, Hamilton, Jacobi.

B. MECANICA MEDIILOR CONTINUE 111
Datele anterioare: Euler şi Lagrange. Preparativele necesare: Cauchy, Navier. Teoria generală a elasticităţii. Hidrodinamica. Propagarea mişcărilor.

C. MIŞCAREA RELATIVĂ ŞI NOŢIUNEA DE SISTEM DE REFERINŢĂ..... 115
Existenţa unei lacune. Coriolis şi schimbarea reperului. Noi fapte experimentale: Reich, Foucault. Giroscopul. Lecţia descoperirilor.

D. MARILE TEORII FIZICE ŞI MECANICE 118
Termodinamica. Optica. Electricitatea şi magnetismul.

E. MECANICA FIZICĂ ŞI ANALIZA METODEI MECANICII CLASICE..... 123
Poisson şi mecanica fizică. Un exemplu caracteristic:teoria capilarităţii. Dificultatea esenţială. Fizica şi modelele mecanice.

F. DISCUŢIA PRINCIPIILOR MECANICII CLASICE..... 126
Apariţia unui efort critic. Ernst Mach. „Mecanica“ lui Hertz. Tezele lui Henri Poincaré. Pierre Duhem.

G. PRESENTIMENTUL UNEI MECANICI NOI 131

CAPITOLUL II

EXPLORAREA UNIVERSULUI STELAR (de J. LEVY)..... 133

A. MARILE INSTRUMENTE 134
Primele telescoape. William Herschel. Telescoapele moderne. Lunetele.

B. NOILE TEHNICI 137
Analiza spectrală. Fotometria. Măsurarea radiaţiei calorice. Fotografia. Progresele tehnicii clasice

C. URANOMETRIA 142
Cataloage fundamentale. Precesia. Hărţi şi cataloage. Acţiunea „Harta cerului“. Scoarţa Pămîntului nu este rigidă.

D. STRUCTURA SPAŢIALĂ A LUMII STELARE 146
Probleme de distanţă. Mişcarea Soarelui. Sistemele stelare. Structura spaţială a Căii Lactee.

E. PRIMELE NOŢIUNI DE FIZICĂ STELARĂ 152
1. *Strălucirea aparentă* 153
Mărimi stelare. Scări fotometrice. Magnitudini.
Stele variabile.
2. *Un mesaj cifrat: spectrul* 155

F. MIŞCARE ŞI GRAVITAŢIE 156
Noile planete. Descoperirea lui Neptun. Astronomia invizibilului. Mecanica cerească.

G. STUDII FIZICE ASUPRA SISTEMULUI SOLAR 162
O stea etalon: Soarele.

PARTEA A TREIA

Ştiinţele fizice

CAPITOLUL I

PROGRESELE OPTICII INSTRUMENTALE (de F. ABELÈS) 171

A. FOTOMETRIA 171

B. ANALIZA SPECTRALĂ 172
Originile spectroscopiei. Primele extinderi ale spectrului. Începuturile spectroscopiei. Analiza spectrală. Primele formule spectrale. Efectul Doppler-Fizeau.

C. INSTRUMENTELE OPTICE 177
Începuturile şi primele aplicaţii ale fotografiei. Perfecţionarea obiectivelor fotografice. Microscopul.

D. POLARIZAREA ŞI DISPERSIA 181
Fenomenele de polarizare. Proprietăţile optice ale metalelor.

E. VITEZA LUMINII 182
Interferometrele.

CAPITOLUL II

EVOLUŢIA TEORIILOR ASUPRA LUMINII (de M.-A. TONNELAT) 185

Progresele opticii fizice la începutul secolului al XIX-lea: Thomas Young şi E.-L. Malus. Optica ondulatorie a lui Fresnel. Eterul lui Fresnel. Materialele dielectrice şi eterul. Cîmp şi inducţie. James Clerk Maxwell: teoria electromagnetică a luminii. Legătura dintre cîmp şi surse: teoria microscopică a lui H.A. Lorentz. De la eterul mecanic al lui Fresnel la eterul imobil al lui Lorentz. Eterul, inobservabilă esenţială. Efectele de ordinul întîi. Efectele de ordinul doi.

CAPITOLUL III

ACUSTICA (de P. COSTABEL şi L. AUGER) 201

A. ACUSTICA TEORETICĂ 201
Analiza sunetelor. Interferenţe. Bătăi. Acorduri. Propagare şi unde. Stările vibratorii ale corpurilor.

B. ACUSTICA EXPERIMENTALĂ 203
Analiza sunetelor. Interferenţa. Propagare şi unde. Corpurile vibrante. Noile instrumente. Concluzii.

CAPITOLUL IV

ELECTRICITATEA ŞI MAGNETISMUL (1790—1895) (de E. BAUER) 209

A. GENEZA TEORIEI POTENŢIALULUI 209
Potenţialul newtonian. Opera lui Poisson. G. Green şi C.F. Gauss. Poisson şi teoria magnetismului. Teoria dielectricilor.

B. INVENŢIA PILEI 212
Experienţele lui Galvani. Intervenţia lui Volta. Prima pilă electrică. Fenomenele electrolitice şi interpretarea lor.

C. DESCOPERIREA ELECTROMAGNETISMULUI 216
Experienţa lui Oersted şi urmările ei. Primele studii cantitative. Cele două legi elementare.

D. OPERA LUI AMPÈRE 218
Tehnica experimentală. Teoria curenţilor moleculari. Sinteza din 1827. O descoperire ratată. Ipoteze. Primele aplicaţii.

E. LEGEA LUI OHM 223

F. OPERA LUI FARADAY 225
Rotaţia electromagnetică. Inducţia. Electroliza. Dielectricii. Polarizarea magnetică rotatorie. Proprietăţile magnetice ale materiei.

G. URMAŞII LUI AMPÈRE 234
Echivalentul mecanic al căldurii şi legea lui Joule. Legea lui Grassmann. Frantz Neumann. Studiul matematic al inducţiei şi noţiunea de potenţial mutual. Opera lui Wilhelm Weber. Noţiunea de potenţial întîrziat. Rezistenţa faţă de ideile lui Maxwell. Lucrările lui Helmholtz în electrodinamică.

H. KIRCHHOFF ŞI WILLIAM THOMSON 239
Kirchhoff şi electrocinetica. Importanţa şi diversitatea lucrărilor lui William Thomson.

I. TEORIILE MECANICE 242

J. MAXWELL ŞI TEORIA CÎMPURILOR ELECTROMAGNETICE 244
Prima schiţă a unei teorii matematice a cîmpului electromagnetic. Teoria „turbioanelor moleculare" şi aplicaţiile ei. Ecuaţiile lui Maxwell. Forma definitivă a teoriei lui Maxwell. Presiunea radiaţiei.

K. VERIFICAREA EXPERIMENTALĂ ŞI DEZVOLTAREA TEORIEI LUI MAXWELL. 249
Birefringenţa electrică şi efectul Rowland. Primele lucrări ale lui Hertz. Descoperirea şi studiul oscilaţiilor electrice rapide. Propagarea undelor electromagnetice. Efectul fotoelectric. Teoria lui Hertz. Problema „antrenării eterului". Dispersia luminii şi reflexia metalică. Inventarea telegrafiei fără fir.

L. IONII ÎN ELECTROLIŢI ŞI ÎN GAZE. EVOLUŢIA IDEILOR DESPRE STRUCTURA ELECTRICITĂŢII 258
Interpretarea fenomenelor electrolitice. Introducerea atomismului în electricitate. Dezvoltări ulterioare ale teoriei electroliţilor. Pilele reversibile. Fenomenele electrocapilare. Descărcările electrice în gazele rarefiate şi radiaţiile catodice.

M. ÎNCEPUTURILE TEORIEI ELECTRONILOR 263
J.J. Thomson și începuturile dinamicii electronice. Opera lui Lorentz și teoria electronilor. Succesul teoriei lui Lorentz. Limitele ei de valabilitate.

CAPITOLUL V

STUDIUL EXPERIMENTAL AL FENOMENELOR TERMICE (de L. AUGER)..... 269

A. TERMOMETRIA 270
Termometrele cu lichid. Termometrele cu gaz. Pirometrele. Cuplurile termoelectrice.

B. STUDIUL DILATĂRII 271
Dilatarea solidelor. Dilatarea lichidelor. Dilatarea gazelor. Legea Gay-Lussac.

C. CALORIMETRIA 273
Metoda răcirii. Căldura specifică a gazelor la presiune constantă c_p. Căldura specifică la volum constant c_V. Determinarea lui $\gamma = c_p/c_V$.

D. CONDUCTIBILITATEA TERMICĂ 274
Conductibilitatea solidelor. Conductibilitatea lichidelor. Conductibilitatea gazelor.

E. ECHIVALENȚA DINTRE ENERGIA MECANICĂ ȘI CĂLDURĂ 275

F. SCHIMBĂRILE DE STARE..... 276
Topirea și solidificarea. Influența presiunii asupra punctului de topire. Studiul experimental al sistemului lichid-vapori. Fierberea. Higrometria. Temperatura critică și starea critică. Cîteva aplicații.

CAPITOLUL VI

NAȘTEREA ȘI DEZVOLTAREA TERMODINAMICII (de G. ALLARD) 281

A. CONSERVAREA ENERGIEI .....
Opera lui Sadi Carnot. Echivalentul mecanic al unității de căldură. Termochimia. 281

B. PRINCIPIUL LUI CARNOT 283
Ciclul Carnot. Scara absolută a temperaturilor. Entropia. Energia liberă. Entalpia și entalpia liberă. Principiul lui Nernst.

C. CĂLDURA SPECIFICĂ 289

D. GAZELE REALE. LICHEFIEREA GAZELOR 290
Ecuația Van der Waals. Starea critică. Legea stărilor corespondente. Obținerea temperaturilor joase.

E. SOLUȚIILE 293
Legile osmozei. Legile lui Raoult.

F. CONDUCȚIA TERMICĂ 296

G. ENERGIA RADIANTĂ 297
Legea lui Kirchhoff. „Receptorul integral“ sau „corpul negru“. Inversarea

liniilor spectrale. Legea lui Stefan. Legea lui Wien. Aplicarea principiului echipartiției energiei. Nașterea teoriei cuantelor.

II. TEORIA CINETICĂ ȘI MECANICA STATISTICĂ 302

CAPITOLUL VII

DEZVOLTAREA CHIMIEI (de M. DAUMAS și J. JAQUES) 305

A. APARIȚIA TEORIEI ATOMICE MODERNE 305

1. *Proprietățile gazelor* 306
Amestecurile gazoase și teoria lui Newton. Solubilitatea gazelor. Numere proporționale de particule. Legea raporturilor volumetrice. Ipoteza Avogadro-Ampère.

2. *Discuția asupra proporțiilor definite* 308
Legile lui Berthollet. Controversa dintre Berthollet și Proust.

3. *Atomi, molecule, echivalenți* 310
John Dalton. Ipoteza atomică. Echivalenții chimici.

4. *Electrochimia* 312
Humphry Davy. Reforma teoriilor lui Lavoisier. Reapariția unui principiu universal. Forțe chimice și forțe electrice. J.J. Berzelius.

5. *Notația simbolică* 314
Notația lui Dalton. Notația modernă.

B. ATOMI SAU ECHIVALENȚI CHIMICI 316
Berzelius: volume și greutăți. Dulong și Petit: căldura specifică a elementelor. Mitscherlich și izomorfismul. Interpretarea legii lui Avogadro-Ampère. Densitatea vaporilor și greutățile atomice. Gerhardt și reforma echivalenților. Clasificarea periodică a lui Mendeleev. Influența nefastă a echivalentismului perimat.

C. STRUCTURA COMPUȘILOR ORGANICI 327
Noțiunea de structură. Dualismul electrochimic. Critica dualismului. Fenomenele de substituție. Tipurile, după Gerhardt. Noțiunea de valență. Noțiunea de carbon asimetric. Structura compușilor aromatici. Formula benzenului. Sinteza în chimia organică.

D. CHIMIA ÎN RAPORTURILE EI CU ȘTIINȚELE ÎNRUDITE 339

1. *Chimia și fizica* 339
Cinetica chimică. Termochimia și energetismul. Fenomenele de cataliză. Legile electrolizei. Proprietățile fizice ale soluțiilor. Arrhenius și disocierea electroliților.

2. *Chimia și științele vieții* 343

3. *Chimia și medicina* 344

Concluzii 346

PARTEA A PATRA
ȘTIINȚELE PĂMÎNTULUI

CAPITOLUL I

ȘTIINȚELE MINERALOGICE (de J. ORCEL) 353
Consecințele descoperirilor lui Romé de l'Isle și Haüy.

A. CRISTALOGRAFIA GEOMETRICĂ ȘI STRUCTURA CRISTALINĂ..... 354
Morfologia cristalină. Structura cristalină. Macle și edificii cristaline complexe.

B. PROPRIETĂȚILE FIZICE ALE MINERALELOR..... 361
1. *Proprietățile optice ale cristalelor*..... 361
Dubla refracție. Polarizarea rotatorie. Modificarea proprietăților optice sub acțiunea căldurii. Policroismul și colorarea cristalelor. Anomaliile optice.
2. *Alte proprietăți fizice* 364
Densitate. Duritate. Dilatare. Conductibilitatea termică și electrică. Piroelectricitatea și piezoelectricitatea. Magnetismul și diamagnetismul. Fosforescența și fluorescența. Coroziunea și creșterea cristalelor.

C. PROPRIETĂȚILE CHIMICE ALE MINERALELOR. CRISTALOGRAFIA CHIMICĂ. 366
Izomorfismul. Dimorfismul. Polimorfismul. Homeomorfismul. Analiza chimică a mineralelor.

D. ASOCIAȚIILE MINERALE ÎN NATURĂ. GENEZA ȘI TRANSFORMĂRILE LOR.... 369
Clasificările mineralogice și noțiunea de specie minerală. Pseudomorfozele. Petrografia. Metamorfismul rocilor.

E. METEORIȚII 375

F. CĂILE EXPERIMENTALE 376

G. MARILE COLECȚII MINERALOGICE 377

CAPITOLUL II

GEOLOGIA (de R. FURON) 380

A. ISTORIA PĂMÎNTULUI ȘI STABILIREA SCĂRII STRATIGRAFICE 381
Nașterea transformismului și triumful provizoriu al teoriei lui Cuvier. Începuturile paleontologiei stratigrafice. Ere și sisteme. Avîntul paleontologiei stratigrafice. Etaje geologice și zone paleontologice. Către scara stratigrafică internațională. Durata timpurilor geologice.

B. TEORII ASUPRA FORMĂRII LANȚURILOR DE MUNȚI..... 389
Teoria craterelor de ridicare. Élie de Beaumont și teoria „rețelei pentagonale". Teoria tetraedrică. Lyell și Constant Prévost: actualismul. Teoria pînzelor de șariaj. Vulcanii.

C. GEOMORFOLOGIA 393
Formele de relief. Vocabularul geomorfologiei.

D. HĂRȚILE GEOLOGICE 394
Harta geologică a Franței. Hărțile geologice ale țărilor europene. Harta geologică a lumii.

E. GEOLOGIA ÎN AMERICA 397
America de Nord. America de Sud.

F. DIFUZAREA CUNOȘTINȚELOR 399
Învățămîntul geologic. Societățile naționale. Manuale și tratate. Congrese internaționale. Înfățișarea Pămîntului.

PARTEA A CINCEA

ȘTIINȚELE VIEȚII

Cartea întîi

STRUCTURI ȘI FUNCȚII

CAPITOLUL I

TEORIA CELULARĂ, CITOLOGIA, HISTOLOGIA (de M. CAULLERY și J.F. LEROY) 407
Bichat, precursorul histologiei. Apariția și dezvoltarea teoriei celulare. Diviziunea celulară. Cariochineza sau mitoza. Citologia vegetală. Dezvoltarea histologiei.

CAPITOLUL II

ZOOLOGIA (de A. TÉTRY) 413

A. METODELE ȘI ORGANIZAREA CERCETĂRII 413
Microscopia și tehnicile asociate. Citochimia. Tehnici diverse. Cadrul de manifestare a efortului colectiv.

B. CONCEPȚII NOI ÎN ZOOLOGIE 417
Taxonomia și sistematica. Specializare zoologică.

C. INVENTARUL FAUNISTIC 419
Inventarul nevertebratelor. Stomocordate și procordate. Paleontologia nevertebratelor. Reptilele. Păsările.

D. PROTOZOARELE 425
Reproducție și cili.

E. PARAZITISM ȘI PARAZITOLOGIE 426
Diversele aspecte ale parazitismului. Principalele descoperiri. Comensalism și simbioză.

F. ECOLOGIE 430
Acțiunea factorilor externi. Colorații protectoare. Comportamentul. Studiul populațiilor. Asociații și comunități.

G. STUDIEREA FAUNELOR MARINE ȘI LACUSTRE 433
Stațiuni zoologice și laboratoare maritime. Explorări marine. Planctonul. Faună lacustră și limnologie.

H. ZOOGEOGRAFIA 436

CAPITOLUL III

BOTANICA (de J. F. LEROY) 439

A. MORFOLOGIE GENERALĂ 439
Filotaxia. Teoria florii. Structura şi dezvoltarea ţesuturilor.

B. CLASIFICAREA NATURALĂ 442
Sistematica florei de pe glob.
1. *Limitele unei clasificări a regnului vegetal şi în special a fanerogamelor* 442
A.L. de Jussieu şi începutul secolului al XIX-lea. Aug.P. de Candolle şi R. Brown. „Parada sistemelor". „Genera plantarum" a lui Bentham şi Hooker. Sistemele filogenetice.
2. *Sistematica criptogamelor* 446
Ciupercile. Algele. Lichenii. Briofitele şi pteridofitele.

C. EXPLORARE ŞI FLORISTICĂ 449
America. Asia şi Australia. Africa.

D. GEOGRAFIA PLANTELOR 451

E. INSTITUŢII ŞI ORGANE FUNDAMENTALE 453
Muzee şi grădini. Societăţi, periodice, congrese.

CAPITOLUL IV

PASTEUR ŞI MICROBIOLOGIA (de M. CAULLERY) 455
Hemiedria şi viaţa. Fermentaţiile. Generaţia spontanee şi fundamentarea bacteriologiei. Bolile viermilor-de-mătase. Contribuţia unui precursor: Agostino Bassi. Rolul microbilor în bolile contagioase ale animalelor şi ale omului. Opera medicală a lui Pasteur.

CAPITOLUL V

FIZIOLOGIA VEGETALĂ (de J.F. LEROY) 463

A. THÉODORE DE SAUSSURE ŞI NUTRIŢIA PLANTELOR 463
Stadiul cercetărilor la începutul secolului. Metoda lui Saussure. Rezultate obţinute.

B. TEORIA RESPIRAŢIEI (RESPIRAŢIE, FERMENTAŢIE, ENZIME) 466
Respiraţia plantelor. Fermentaţiile. Diastazele sau enzimele. Respiraţia anaerobă.

C. DUTROCHET, FONDATORUL FIZIOLOGIEI GENERALE 469

D. ECONOMIA APEI 470
Absorbţie, circulaţie, transpiraţie. Transpiraţia. Substanţele în soluţie: penetraţie, repartiţie. Seva elaborată. Absorbţia şi circulaţia gazelor.

E. NUTRIŢIA MINERALĂ 473
Julien von Liebig. Elemente minerale.

F. NUTRIŢIA AZOTATĂ 474
Boussingault şi Vinogradski: nitraţii şi nitrificarea. Denitrificarea. Azotul amoniacal. Fixarea azotului liber de către solurile goale: Berthelot, Vino-

gradski și Beijerinck. Nodozitățile bacteriene ale leguminoaselor și fixarea azotului liber: Hellriegel și Wilfarth.

G. NUTRIȚIA CARBONATĂ 477
Fotosinteza clorofiliană. Julius von Sachs. Cercetări diverse.

H. MIȘCĂRILE PLANTELOR. CREȘTEREA 478

CAPITOLUL VI

FIZIOLOGIA ANIMALĂ (de M. CAULLERY și G. CANGUILHEM) 480

A. FIZIOLOGIA ÎN FRANȚA 480
Primele lucrări și primele concepții. Magendie. Flourens. Claude Bernard. Școala lui Claude Bernard. Marey și Chauveau.

B. FIZIOLOGIA ÎN GERMANIA 486
Johannes Müller și elevii săi. Ludwig și școala sa. Pflüger și Goltz.

C. ȘCOLI TINERE DIN A DOUA PERIOADĂ 489
Fiziologia în Italia. Fiziologia în Marea Britanie. Fiziologia în Rusia. Fiziologia în Statele Unite ale Americii.

D. TEHNICI ȘI PROBLEME ALE FIZIOLOGIEI ÎN SECOLUL AL XIX-LEA 491

Cartea a doua

GENEZA FORMELOR

CAPITOLUL I

ANATOMIA COMPARATĂ A VERTEBRATELOR (de J. PIVETEAU) 495

A. GEORGES CUVIER ȘI DEZVOLTAREA ANATOMIEI COMPARATE 495
Precursorii. Anatomia comparată a lui Cuvier. Semnificația principiului corelărilor. Scara ființelor. Paralelismul.

B. OPERA ANATOMICĂ A LUI ET. GEOFFROY SAINT-HILAIRE 499
Corelații și conexiuni. Disputa dintre Cuvier și Geoffroy Saint-Hilaire.

C. INFLUENȚA FILOZOFIEI NATURII 503
Începuturile anatomiei comparate în Germania. Teoria arhetipului. Noțiunea de omologie.

D. CONTRIBUȚIA EMBRIOLOGIEI 507
Critica teoriei vertebrale a craniului.

E. ANATOMIA COMPARATĂ ȘI PUNCTUL DE VEDERE AL EVOLUȚIEI 508
Anatomie comparată și evoluție. Anatomie comparată și filogenie.

CAPITOLUL II

PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR (de J. PIVETEAU).. 512

A. CUVIER ȘI NAȘTEREA PALEONTOLOGIEI VERTEBRATELOR..... 512
Știința vertebratelor fosile înainte de Cuvier. Opera paleontologică a lui Georges Cuvier. Importanța mamiferelor. Principiul corelației. Tabloul rezultatelor generale ale cercetărilor privind osemintele fosile.

a) Speciile fosile comparate cu speciile vii 515
b) Raporturile dintre speciile fosile și stratele globului..... 516
Paleontologia și problema mutabilității speciilor
B. OPERA PALEONTOLOGICĂ A LUI GEOFFROY SAINT-HILAIRE..... 520
C. ÎNCEPUTURILE PALEONTOLOGIEI ÎN AMERICA..... 521
D. PALEONTOLOGIA ÎN PERIOADA DINTRE CUVIER ȘI DARWIN..... 523
E. PALEONTOLOGIA VERTEBRATELOR DUPĂ DARWIN..... 524
În Franța: opera lui Albert Gaudry. În Elveția: opera lui Rütimeyer. În Germania: tratatul lui K. von Zittel. În Anglia: Th. Huxley. Spania, Portugalia, Italia. În Rusia: V.O. Kovalevski. Paleontologia vertebratelor în America de Nord. Paleontologia vertebratelor în America de Sud.

CAPITOLUL III

PROBLEMELE REPRODUCERII ANIMALELOR (de A. TÉTRY) 533
A. DIVERSELE MODURI DE REPRODUCERE 533
Caractere sexuale secundare. Intersexualitatea. Ginandromorfism. Partenogeneza. Alternanța generațiilor sexuate și a generațiilor asexuate. Reproducerea asexuată. Poliembrionie.
B. DEZVOLTAREA EMBRIOLOGIEI 537
1. *Embriologia descriptivă și embriologia comparată*..... 537
Gameții. Oul și dezvoltarea lui. Legea biogenetică fundamentală a lui Haeckel.
2. *Embriologia cauzală sau experimentală* 540
3. *Teratologie* 541
Teratologie și ereditate. 543

CAPITOLUL IV

SEXUALITATE ȘI REPRODUCERE LA PLANTE (de J.F.LEROY) 544
G.B. Amici și fecundarea plantelor cu flori. Sexualitatea la criptogame. Hofmeister și alternanța generațiilor. Thuret, Pringsheim și descoperirea fecundației. Fecundarea la fanerogame. Sexualitatea la ciuperci. Parazitismul.

CAPITOLUL V

TEORIILE EXPLICATIVE ALE EVOLUȚIEI (de M. CAULLERY și A. TÉTRY) .. 550
A. LAMARCKISMUL 550
Lamarck (1744—1829). Concepția evoluționistă a lui Lamarck. Criticile lamarckismului. Neolamarckismul.
B. DARVINISMUL 553
Charles Darwin (1809—1882) și opera sa. „Originea speciilor". Primirea făcută darvinismului. Neodarvinismul. Cîteva tendințe divergente.

CAPITOLUL VI

ORIGINILE GENETICII (de M. CAULLERY și J.F. LEROY)..... 558
Începuturile biometriei. Experiențele de hibridare. Lucrările lui Naudin. Gregor Mendel și legile eredității. Noțiunea de specie. Mutațiile.

CAPITOLUL VII

PREISTORIA (de R. FURON) 564

Recunoașterea existenței oamenilor fosili. Săpăturile în peșteri. Jacques Boucher de Perthes și școala din Abbeville. Opera lui Lartet. Descoperirea oamenilor fosili. Descoperirea pitecantropului. Arheologia preistorică. Cele trei epoci: a pietrei, a bronzului, a fierului. Clasificarea industriilor pietrei. Dezvoltarea studiilor de preistorie. Preistorie și geologie. Descoperirea gravurilor, picturilor și sculpturilor preistorice.

Cartea a treia

ȘTIINȚELE MEDICALE (de DR. P. ASTRUC) 575

A. PERIOADA CONSTRUCTORILOR 575

1. *Conducătorii* 575

Cabanis. Bichat. Pinel. Bayle. Alibert și dermatologia. Corvisart. Chomel, Double și semiologia. Laennec și auscultația. Sistemul lui Broussais. Itard și Bretonneau. Louis și numerismul. Andral și Cruveilhier. Richard Bright și bolile de rinichi. Grisolle, R.J. Graves și influența lor.

2. *Dezvoltarea științei medicale* 581

Termometria clinică. Chirurgia. Anestezia generală. Infecția puerperală. Bolile venerice. Vaccinarea și bolile infecțioase. Neurologie. Psihiatrie. Inimă și vase. Aparatul respirator. Pediatrie. Cancerologie. Dermatologie. Ficatul. Oftalmologie și otorinolaringologie. Obstetrică. Homeopatie. Anatomie și fiziologie. Terapeutica. Medicina legală. Medicina socială.

B. PERIOADA ANATOMOCLINICĂ ȘI BIOLOGICĂ 587

1. *Tendințe directoare și aspecte principale* 588

Claude Bernard, Rudolf Virchow. Villemin și Trousseau. Termometrie clinică. Infecția puerperală. Chirurgie. Antisepsie. Ideile pasteuriene și asepsia. Anestezie și chirurgie. Anestezie locală. Pasteur și medicina. Microbii patogeni. Parazitologie. Patologie nervoasă. Opera lui Charcot. Potain și cardiologia. Bouchard și bolile nutriției.

2. *Patru achiziții capitale* 595

Apendicita. Sero-diagnostic. Puncția lombară. Radiologie.

3. *Dezvoltarea științelor medicale* 596

Anatomia. Histologia. Fiziologia. Patologie internă. Aparatul circulator. Hematologie. Pneumologie. Neurologie. Boli mintale. Bolile nutriției. Aparatul digestiv. Ficatul. Glande cu secreție internă. Urologie și rinichi. Specialitățile medicale. Oftalmologie. Dermatologie. Cancerologie. Ortopedie. Boli infecțioase și pediatrie. Intoxicații. Terapeutică. Medicina legală. Igienă. Lupta contra bolilor infecțioase. Medicina socială.

În zorii secolului al XX-lea 608

BIBLIOGRAFIA GENERALĂ A PRIMELOR CINCI PĂRȚI 610

PARTEA A ŞASEA
VIAŢA ŞTIINŢIFICĂ

CAPITOLUL I

CONDIŢIILE PROGRESULUI ŞTIINŢIFIC ÎN EUROPA OCCIDENTALĂ (de R. TATON) 629

A. CONDIŢIILE EFORTULUI COLECTIV 629
Sprijinul opiniei publice. Acţiunea societăţilor ştiinţifice. Colaborarea internaţională.

B. SITUAŢIA ÎN DIFERITE ŢĂRI 633
Franţa. Germania. Marea Britanie. Italia. Elveţia. Belgia şi Ţările de Jos. Scandinavia. Europa centrală şi dunăreană. Peninsula Iberică.

BIBLIOGRAFIE 641

CAPITOLUL II

ŞTIINŢA ŞI VIAŢA ÎN RUSIA (SECOLELE XVIII şi XIX) (de A.P. IUŞKEVICI) 643
Secolul al XVIII-lea. De la începutul secolului al XIX-lea, pînă la Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie 1917.

BIBLIOGRAFIE 647

CAPITOLUL III

VIAŢA ŞTIINŢIFICĂ ÎN STATELE UNITE, ÎN SECOLUL AL XIX-LEA (de I.B. COHEN) 648
Proiectul „Universităţii centrale". Columbian Institute. Testamentul lui James Smithson. National Institution. Naval Observatory. Smithsonian Institution. Inventarul resurselor naturale. Naşterea lui American Association. Contribuţia tehnică a războiului de secesiune. Crearea Academiei naţionale. Opera matematicienilor americani. Dezvoltarea învăţămîntului ştiinţific superior.

BIBLIOGRAFIE 656

CAPITOLUL IV

ŞTIINŢA ÎN ŢĂRILE MUSULMANE ÎNCEPÎND DIN ANUL 1450 (de B. BENYAHIA) 657

A. CONDIŢIILE GENERALE ALE DEZVOLTĂRII ŞTIINŢIFICE 657
Decadenţa ştiinţei arabe şi cauzele sale. Limba de transmitere a ştiinţei în ţările musulmane.

B. PRIVIRE GENERALĂ ASUPRA PROGRESELOR REALIZATE DE SAVANŢII LUMII MUSULMANE 661
Ştiinţele exacte. Ştiinţele medicale şi botanice. Dāwud el-Antāki. Lucrări lexicografice. Geografia şi ştiinţa navigaţiei. Hājji Khalfa şi bibliografia sa. Concluzii.

BIBLIOGRAFIE 666

CAPITOLUL V

ÎNCEPUTURILE ȘTIINȚEI ÎN VIETNAM (de P. HUARD și M. DURAND)..... 668
Vietnamul, regat vasal al Imperiului chinez. Geografia. Matematica. Medicina.

BIBLIOGRAFIE 673

CAPITOLUL VI

PROGRESELE ȘTIINȚEI MODERNE ÎN EXTREMUL ORIENT, ÎN SECOLUL AL XIX-LEA 674
Noile condiții de propagare a științei în China. Activitatea științifică a misiunilor. Eforturi de propagare a științei moderne de către autoritățile chineze spre sfîrșitul imperiului. Înflorirea științifică a Japoniei începînd din perioada Meiji.

BIBLIOGRAFIE 681

INDEX DE NUME 683

INDEX DE NOȚIUNI 722

LEGENDELE PLANȘELOR 737

REDACTORI : MARIA BORICEAN, DELIA IACOB, LUCREȚIA MĂRGINEANU, IOANA NICULESCU, DINU-IOANIȚIU NECHITA

TEHNOREDACTOR : GHEORGHE POPOVICI

COLI DE TIPAR 47,5 PAG. PLANȘE 48 TIRAJ : 10.700 EX.
INDICI PENTRU CLASIFICAREA ZECIMALĂ :
BIBLIOTECI MARI 001 BIBLIOTECI MICI 001

COMANDA NR. 20.274
REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

LEI 42